

**PRESTASI SISA KISARAN KONKRIT BERASFALT DENGAN MINYAK
KELAPA SAWIT SEBAGAI AGEN PEMULIHAN**

**(PERFORMANCE OF RECYCLED ASPHALT PAVEMENT WITH PALM OIL
AS REJUVENATOR)**

Associate Professor Dr. Mohd Rosli b. Hainin

**NOMBOR VOT PENYELIDIKAN:
RMC 61341**

**Jabatan Geoteknik dan Pengangkutan
Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia**

2008

PENGHARGAAN

Di kesempatan ini, ketua projek ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada Pusat Pengurusan Penyelidikan (RMC), Universiti Teknologi Malaysia kerana telah memberi peruntukan untuk menjalankan penyelidikan ini. Seterusnya penghargaan ini juga ditujukan kepada Prof. Dr. Ir. Hasanani Md Nor dan En. Zakaria Zainal Abidin yang banyak membantu untuk menjayakan projek ini. Tidak lupa juga kepada semua kakitangan Makmal Pengangkutan, Fakulti Kejuruteraan Awam, Universiti Teknologi Malaysia, Skudai yang banyak membantu sepanjang kerja-kerja makmal dijalankan dan kepada semua pihak yang turut terlibat secara langsung atau tidak langsung. Semoga kajian yang telah dijalankan ini memberi manfaat serta pengetahuan kepada semua. Terima kasih sekali lagi diucapkan. Jasa baik anda semua dibalas oleh-Nya. Sekian, terima kasih.

SINOPSIS

Penggunaan semula sisa kisan lapisan permukaan jalanraya walaupun baru dipraktikkan di negara kita, adalah satu teknologi yang telah lama diperkenalkan di negara barat. Penggunaan semula sisa kisan konkrit berasfalt sebagai lapisan permukaan jalanraya berpotensi untuk menjimatkan wang dan tenaga disamping dapat mengekalkan sumber-sumber alam dan ekologi. Kelebihan teknik ini boleh dipraktikkan hanya apabila prestasi/keupayaan sisa kisan ini menyamai bahan-bahan yang baru.

Dalam projek ini sisa kisan konkrit berasfalt yang hendak digunakan semula di kaji dan dinilai menggunakan ujikaji makmal *wheel tracking*. Dua jenis agen pemulihan (atau disebut juga agen pengukuh) digunakan iaitu minyak kelapa sawit dan cyclogen. Tujuan utama menggunakan agen pemulihan ini ialah untuk mengembalikan sifat-sifat asal bitumen agar sesuai bagi kegunaan pembinaan dan kelasakkan, disamping itu, minyak kelapa sawit ialah produk tempatan, murah dan mudah didapati. Cyclogen pula ialah bahan yang biasa digunakan sekarang dalam proses guna-semula sisa kisan, ia diimport dari luar negara dan mahal, ia juga dikatakan mempunyai kesan sampingan yang boleh menyebabkan barah.

Dalam ujikaji *wheel tracking*, sampel yang disediakan secara campuran panas digaulkan dengan kandungan agen pemulihan yang berbeza-beza dan diuji rintangannya terhadap perpaluhan. Keputusan ujikaji di analisa dan dijadualkan. Dari data-data ini, perkiraan dibuat untuk mendapatkan kadar pembentukan perpaluhan, jumlah pusingan roda untuk terbentuknya 10 mm perpaluhan, bilangan trafik maksima untuk 20 tahun usia, dan jumlah bilangan gandar piawai. Berdasarkan keputusan ini, bersama-sama dengan penemuan

dari penyelidikan-penyelidikan sebelum ini, kesimpulan mengenai kesesuaian minyak kelapa sawit sebagai agen pemulihan dan kandungan yang optima boleh dibuat. Kesesuaian ini hanya dari aspek rintangannya terhadap perpaluhan, kerana harus diingat bahawa terdapat berbagai ciri-ciri struktur yang mesti dipenuhi bagi memperolehi campuran yang baik.

Kajian literatur terhadap proses guna semula dan aspek-aspek ubah bentuk kekal dalam campuran berbitumen juga dimuatkan sebagai latar belakang ujian dan untuk meluaskan skop perbincangan. Perbincangan, ulasan terhadap keputusan ujikaji dan penemuan-penemuan penting serta cadangan-cadangan keatas kajian selanjutnya dibentangkan di bahagian kesimpulan.

SYNOPSIS

Recycling bituminous road materials has the potential to save money, energy and scarce resources. These advantages can be realised provided the in-service performance of recycled materials (milling waste) is similar to that of comparable new material.

In this report, the performance of asphaltic concrete milling waste which to be used as recycled wearing course, has been investigated and evaluated in laboratory using Wheel Tracking test. Two types of rejuvenating agent used are Palm Olein and Cyclogen. The purpose of using these rejuvenating agents is to restore the old bitumen characteristics to a consistency level appropriate for construction purposes and for durability. Apart from that palm olein is local product and its supply is surplus. Cyclogen is the currently used rejuvenating agent imported from oversea and expensive. However, it is reported that cyclogen is also a carcinogenic agent.

In Wheel Tracking test, the hot prepared asphaltic concrete milling waste is mixed with increasing amount of rejuvenators and tested for its susceptibility to rutting. The results are analysed and tabulated. Based on these data, calculations were made to obtain the rate of rutting, numbers of wheel cycles to produce 10 mm rut, the mix density, maximum number of traffic for 20 years life (Cv/day) and the total number of standard axle (Szatkowski and Jacobs 1977). Base on these results also, together with the findings from previous researchers, conclusions are made on the suitability of palm olein to be used as a rejuvenator in asphaltic concrete milling waste mix for pavement recycling in the aspect of rutting.

Literature review on types of recycling processes and various aspects of permanent deformation in bituminous materials were also presented in order to provide the background of this phenomenon and to broaden the scope of discussion. Further investigation is needed before it can be concluded on the effectiveness of palm olein as a rejuvenator this is because of the various structural properties required of a bituminous mix such as, adequate flexibility and freedom from brittleness, resistance to fatigue, adequate stiffness etc.

JADUAL KANDUNGAN

	Muka surat
PENGHARGAAN	i
SINOPSIS	ii
SYNOPSIS (Versi Inggeris)	iv
JADUAL KANDUNGAN	vi
SENARAI RAJAH	ix
SENARAI JADUAL	x
SENARAI GAMBAR	xi

BAB 1 PENGENALAN

1.1 Pendahuluan	1
1.2 Bahan-bahan turapan berbitumen	3
1.3 Ubah bentuk kekal	5
1.4 Skop kajian projek	8

BAB 2 GUNA SEMULA SISA KISARAN

2.1 Pengenalan	10
2.2 Guna semula sebagai satu alternatif	12
2.3 Guna semula campuran sejuk	15
2.3.1 Proses di loji	15
2.3.2 Proses di tapak	16
2.4 Guna semula campuran panas	18

2.4.1 Proses di loji	18
2.4.2 Proses di tapak	22
2.5 Agen pemulihan dalam proses guna semula	27
2.6 Rekabentuk campuran guna semula	29

BAB 3 FAKTOR FAKTOR YANG MEMPENGARUHI UBAH BENTUK KEKAL

3.1 Pengenalan	33
3.2 Review masalah ubah bentuk kekal	35
3.3 Pembentukan perpaluhan	37
3.4 Faktor-faktor luaran	39
3.4.1 Keadaan trafik	39
3.4.2 Keadaan alam sekitar	43
3.4.3 Faktor faktor lain	45
3.5 Rintangan terhadap perpaluhan	47
3.6 Kaedah mengira perpaluhan	49

BAB 4 PENILAIAN UBAH BENTUK KEKAL

4.1 Pengenalan	52
4.2 Ujikaji piawai tradisional	55
4.2.1 Ujikaji Marshall	55
4.2.2 Ujikaji LCPC (Ujikaji Duriez)	57
4.3 Ujikaji-ujikaji baru	57
4.3.1 Ujikaji beban tunggal (Splitting tensile test)	58
4.3.2 Ujikaji rayapan	58

4.3.3 Ujikaji simulatif menggunakan beban bergerak (Wheel tracking test)	60
4.3.4 Ujikaji beban berulang-ulang menggunakan generator Pulse keatas struktur pavmen	67
4.3.5 Ujikaji beban mampatan berulang-ulang	67
4.3.6 Ujikaji sepenuhnya di tapak jalanraya	68
4.4 Perbincangan dan kesimpulan	70

BAB 5 MENILAI SISA KISARAN KONKRIT BERASFALT MENGUNAKAN UJIKAJI WHEEL TRACKING

5.1 Pengenalan	71
5.2 Peralatan ujikaji makmal	71
5.3 Penyediaan specimen	74
5.4 Menguji specimen	75
5.5 Kaedah pengukuran perpaluhan	77

BAB 6 KEPUTUSAN DAN ANALISIS

6.1 Keputusan ujikaji	83
6.2 Jadual-jadual keputusan dan analisis	86

BAB 7 PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

7.1 Interpretasi ke atas keputusan Ujikaji	106
7.2 Kesimpulan dan cadangan	108

RUJUKAN	111
----------------	------------

SENARAI RAJAH

	mukasurat
Rajah 1.1	Perubahan bentuk kekal campuran asfalt 7
Rajah 2.1	Proses guna semula sisa kisaran 14
Rajah 2.2	Loji campuran sejuk 15
Rajah 2.3	Loji kelompok sisa kisaran batu baur yang telah dipanaskandicampurkan didalam <i>Pugmill</i> 19
Rajah 2.4	Loji kelompok sisa kisaran dan batu baur panas dicampurkan didalam dram pengering 19
Rajah 2.5	<i>Flame Defuser</i> 21
Rajah 2.6	<i>Drum within a drum</i> 21
Rajah 2.7	<i>Drum mixer within split feed</i> 21
Rajah 2.8	<i>Tandem drum mixers</i> 21
Rajah 2.9	Kumpulan jentera guna semula 24
Rajah 2.10	Mesin membancuh dan menghampar 24
Rajah 3.1	Punca kerosakan lebuhraya di Jepun 34
Rajah 3.2	Pengaruh tekanan tayar kenderaan keatas rintangan terhadap perpaluhan 41
Rajah 3.3	Hubungan antara suhu atmosfera dengan suhu turapan 44
Rajah 3.4	Lengkung rayapan statik (mampatan) 47
Rajah 3.5	Lengkung rayapan dinamik (mampatan triaxial) 48
Rajah 3.6	Lengkung rayapan dinamik (30°C), beban bergerak 48
Rajah 3.7	Lapisan-lapisan turapan 49
Rajah 3.8	Keputusan perkiraan ukur dalam perpaluhan 51
Rajah 4.1	Tegasan pada elemen dalam turapan 54
Rajah 4.2	Tegasan yang terhasik akibat beban bergerak 54
Rajah 4.3	Faktor-faktor yang mempengaruhi rintangan ubah ubah bentuk 63
Rajah 4.4	Kesan kandungan pengikat keatas rintangan terhadap perpaluhan 64
Rajah 4.5	Kesan kandungan pengikat dan pengisi keatas rintangan terhadap perpaluhan 64
Rajah 4.6	Kesan titik lembut pengikat keatas rintangan terhadap perpaluhan 65

Rajah 4.7	Rintangan terhadap perpaluhan bagi asphalt tergelek	65
Rajah 4.8	Perhubungan antara keputusan ujian Marshall dan ukur dalam perpaluhan menggunakan ujikaji skala penuh	69
Rajah 5.1	Ujikaji wheel tracking	72
Rajah 5.2	Lokasi pengukuran perpaluhan	82
Rajah 6.1	Geraf ukur dalam purata perpaluhan mlw pusingan beban konkrit berasfal sahaja	99
Rajah 6.2	Geraf ukur dalam purata perpaluhan mlw pusingan beban (0.4% bahan pengukuh)	100
Rajah 6.3	Geraf ukur dalam purata perpaluhan mlw pusingan beban (0.6% bahan pengukuh)	101
Rajah 6.4	Geraf ukur dalam purata perpaluhan mlw pusingan beban (0.8% bahan pengukuh)	102
Rajah 6.5	Geraf ukur dalam purata perpaluhan mlw pusingan beban (1.0% bahan pengukuh)	103
Rajah 6.6	Kadar perpaluhan mlw kandungan bahan pengukuh	104
Rajah 6.7	Ketumpatan campuran mlw kandungan bahan pengukuh	105

SENARAI JADUAL

muka surat

Jadual 2.1	Sifat-sifat fizikal agen pemulihan untuk campuran panas	32
Jadual 3.1	Hubungan suhu turapan dengan kedalaman	44
Jadual 4.1	Ciri-ciri lapisan permukaan asfalt tergelek	66
Jadual 6.1	Pembentukan perpaluhan (konkrit berasfalt sahaja)	86
Jadual 6.2	Pembentukan perpaluhan (0.4 % Minyak kelapa sawit)	87
Jadual 6.3	Pembentukan perpaluhan (0.6 % minyak kelapa sawit)	88
Jadual 6.4	Pembentukan perpaluhan (0.8 % minyak kelapa sawit)	89
Jadual 6.5	Pembentukan perpaluhan (1.0 % minyak kelapa sawit)	90
Jadual 6.6	Pembentukan perpaluhan (0.4 % cyclogen)	91
Jadual 6.7	Pembentukan perpaluhan (0.6 % cyclogen)	92
Jadual 6.8	Pembentukan perpaluhan (0.8 % cyclogen)	93
Jadual 6.9	Pembentukan perpaluhan (1.0 % cyclogen)	94
Jadual 6.10	Kesimpulan keputusan ujikaji wheel tracking (M.K.S)	95
Jadual 6.11	Kesimpulan keputusan ujikaji wheel tracking (cyclogen)	96
Jadual 6.12	Nilai graviti tentu campuran sisa kisaran	97
Jadual 6.13	Keputusan ujikaji wheel tracking	98

SENARAI GAMBAR

muka surat

Gambar 2.1	Proses mengikis lapisan permukaan jalanraya	25
Gambar 2.2	Kerja-kerja menurap jalan dengan campuran guna semula	25
Gambar 2.3	Jentera penghampar lapisan permukaan jalanraya dengan campuran guna semula	26
Gambar 5.1	Sampel sisa kisaran konkrit berasfalt	78
Gambar 5.2	Mesin pembancuh	78
Gambar 5.3	Peralatan ujikaji wheel tracking	79
Gambar 5.4	Memampat sampel kedalam acuan	79
Gambar 5.5	Mesin wheel tracking	80
Gambar 5.6	Pengukuran perpaluhan	80
Gambar 5.7	Sampel sisa kisaran yang dikeluarkan dari acuan	81

BAB SATU

BAB 1 PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Secara umumnya proses dan kaedah-kaedah konvensional untuk menyelenggara turapan anjal ialah dengan menurap lapisan baru, membaik-pulih atau menampal permukaan jalanraya sahaja. Di dalam proses tersebut bahan-bahan yang sedia ada samada dibuang dan digantikan dengan bahan baru atau diturap dengan lapisan baru. Cara ini menyebabkan batubaur dan haidrokarbon (bitumen lama) dalam sisa kisanan dibuang atau digunakan dengan cara yang kurang berkesan dan tidak ekonomik di dalam kerja membaik pulih turapan. Seperti yang sedia maklum lapisan berbitumen atau lapisan permukaan merupakan bahagian pavmen yang termahal kira-kira RM12 ke RM15 semeter persegi bagi 75mm tebal. Oleh itu penggunaan semula bahan-bahan lapisan permukaan jalanraya merupakan satu teknik penyelenggaraan jalanraya yang menjimatkan yang harus diberi perhatian dan pertimbangan serius.

Langkah berjimat cermat yang digalakan oleh Kerajaan Malaysia supaya semua pihak dapat mengurangkan lagi kadar inflasi agar cita-cita negara menuju wawasan 2020 dapat dicapai, maka dalam konteks pembinaan dan penyelenggaraan jalanraya, saranan ini boleh dilaksanakan dengan cara menggunakan kaedah guna semula lapisan permukaan turapan.

Pembangunan Pengangkutan diperuntukan sebanyak RM 10.8 ribu juta di dalam Rancangan Malaysia Keenam dan dari jumlah itu 70 peratus atau kira-kira RM 7.59 ribu juta dikhaskan untuk pembangunan jalanraya ⁽¹⁾.

Peruntukan ini meliputi memperbaiki rangkaian utama antara bandar-bandar dan menaikkan taraf sistem jalanraya dalam kawasan bandar. Pembangunan negara antara lainnya akan meningkatkan aliran trafik dijalanraya. Tambahan pula apabila industri bertambah dan berkembang, ini akan meningkatkan lagi penggunaan kenderaan perdagangan (kenderaan persendirian memberi kesan yang minima terhadap turapan dan boleh diabaikan) dan bertambahnya beban gandar yang dikenakan ke atas struktur jalanraya. Perkembangan yang ketara ini sering tidak dapat diramalkan oleh jurutera-jurutera jalanraya dan akibatnya turapan akan mengalami kerosakan yang lebih awal.

Oleh itu keperluan terhadap struktur jalanraya yang lebih tahan lama dengan kos penyelenggaraan yang minima merupakan satu cabaran kepada jurutera jalanraya. Berikut ialah perkara-perkara yang perlu diberi perhatian oleh jurutera-jurutera jalanraya.

- a) Mempertingkatkan dan memperbaiki kaedah rekabentuk sekarang dan memperkenalkan pendekatan rekabentuk analitikal yang boleh menampung situasi yang berubah-ubah dan penggunaan bahan-bahan baru yang lebih berkualiti.
- b) Menggunakan segala kaedah yang ada untuk mempertingkatkan prosedur pengawalan kualiti bahan untuk rekabentuk, pengawasan dan tujuan spesifikasi/penentuan.
- c) Memperkembangkan kegunaan ujikaji menilai prestasi atau keupayaan campuran asfalt seperti *Wheel Tracking Test* untuk tujuan pengawalan kualiti, kajian dan rekabentuk.

- d) Kajian/penyelidikan untuk meningkatkan mutu bahan jalanraya contohnya penggunaan pengikat yang diubah suai dengan campuran getah atau polimer.
- e) Penyelidikan guna semula sisa kisaran untuk lapisan permukaan jalanraya dengan mencampurkan agen pemulihan atau agen pengukuhan seperti minyak kelapa sawit atau cyclogen.
- f) Penyelidikan terhadap bahan-bahan baru dan bahan sedia ada yang kurang bermutu dengan tujuan memperbaiki dan menggantikan sumber bahan sedia ada yang kini semakin berkurangan.

1.2 Bahan-Bahan Turapan Berbitumen

Bitumen atau asfalt telah dan terus akan digunakan dengan meluas sebagai bahan binaan khususnya dalam kejuruteraan jalanraya, bangunan dan bidang industri. Sifat-sifat mekanikalnya adalah lebih kompleks dari bahan-bahan lain seperti keluli dan konkrit, oleh itu amatlah perlu diketahui sifat-sifat kejuruterannya bagi mendapatkan satu rekabentuk yang baik serta ekonomik disegi teknikal. Di Malaysia campuran bitumen digunakan dengan meluas dalam pembinaan dan penyelenggaraan lapisan permukaan nipis (lapisan haus dan pengikat, 100 ke 150 mm tebal) dalam turapan anjal. Kesemua komposisi bahan turapan berbitumen pada umumnya terdiri daripada batubaur kasar, batubaur halus, pengisi (*filler*) dan pengikat.

Ciri-ciri penting yang ada perlu bagi lapisan struktur berbitumen diantaranya ialah kekukuhan (*Stiffness*), sifat pengagihan-beban, rintangan

terhadap perubahan bentuk akibat beban bergerak yang berulang-ulang, kelasakan (*durability*) ketahanan terhadap lesu, sifat kebolehlenturan dan lain-lain. Dengan kata lain, ia adalah sifat-sifat campuran yang perlu ada bagi membolehkan campuran tersebut menanggung tegasan yang dikenakan keatasnya tanpa mengalami ubah bentuk yang ketara disamping dapat melindungi subgred dari kesan tindakan cuaca, air, udara dan perubahan suhu. Dan yang terpentingnya ia dapat menanggung dan membawa trafik dengan selamat, selesa serta ekonomik.

Sifat-sifat penting yang dinyatakan diatas jelasnya bergantung kepada komposisi campuran, kualiti dan kuantiti batubaur, pengisi, pengikat dan bahan tambahan (*additives*) jika digunakan, disamping itu ia juga bergantung kepada teknik menggaul, menghampar dan memampat. Dalam konteks komponen-komponen bahan, batubaur kasar dan halus dicampurkan untuk memberikan kekuatan yang dikehendaki, pengikat akan mengikat atau memegang batubaur sesama sendiri dan pengisi akan mengisi lompong-lompong dan juga menyerap pengikat yang berlebihan. Secara umumnya bahan tambah digunakan untuk memberi ketahanan yang lebih baik. Dalam proses guna semula sisa kisaran sejenis agen pemulihan ditambah kepada lapisan permukaan yang telah lama bertujuan untuk mengembalikan sifat-sifat asal asphalt.

Terdapat banyak jenis ujian yang ada boleh digunakan untuk menentukan sifat-sifat kejuruteraan bitumen dan campuran bitumen. Ia boleh dibahagikan kepada dua kategori, iaitu ujian rekabentuk dan ujian spesifikasi atau pengawalan. Ujikaji yang digunakan dalam projek ini ialah ujikaji *Wheel Tracking*. Umumnya ujikaji ini adalah untuk tujuan rekabentuk dan menilai

prestasi bahan-bahan yang digunakan. Ia menilai keupayaan campuran bitumen terhadap ubah bentuk (perpaluhan).

1.3 Ubah Bentuk Kekal

Ubah bentuk kekal merupakan salah satu punca utama kerosakan jalanraya konkrit berasfalt. Ia adalah perlonggokkan ubah bentuk yang terjadi di setiap lapisan pavmen akibat dari pengukuhan atau pergerakan sisi bahan-bahan, akibat beban dari kenderaan. Perpaluhan bergantung kepada beberapa faktor termasuklah sifat-sifat bahan turapan, rekabentuk campuran, rekabentuk ketebalan turapan, kualiti pembinaan, isipadu trafik dan halaju kenderaan, keadaan alam sekitar dan lain-lain. Kajian jalanraya yang dijalankan oleh AASHO menunjukkan perpaluhan yang terbentuk dilapisan berasfalt sahaja menyumbang 42 peratus dari jumlah perpaluhan yang terbentuk di semua lapisan-lapisan jalanraya. Ini menunjukkan bahawa adalah amat penting memahami ciri-ciri yang menyebabkan ubah bentuk kekal bagi lapisan konkrit berasfalt dari lapisan-lapisan lain.

Bitumen merupakan bahan yang visco-elastik. Ubahbentuk yang dialami akibat tegasan adalah bergantung kepada suhu dan masa pembebanan. Pada suhu yang tinggi atau masa pembebanan yang lama, ianya berkelakuan seperti cecair likat (*viscous liquid*) , manakala pada suhu yang rendah dan masa pembebanan yang singkat ianya berkelakuan seperti pepejal yang elastik (*rapuh*).

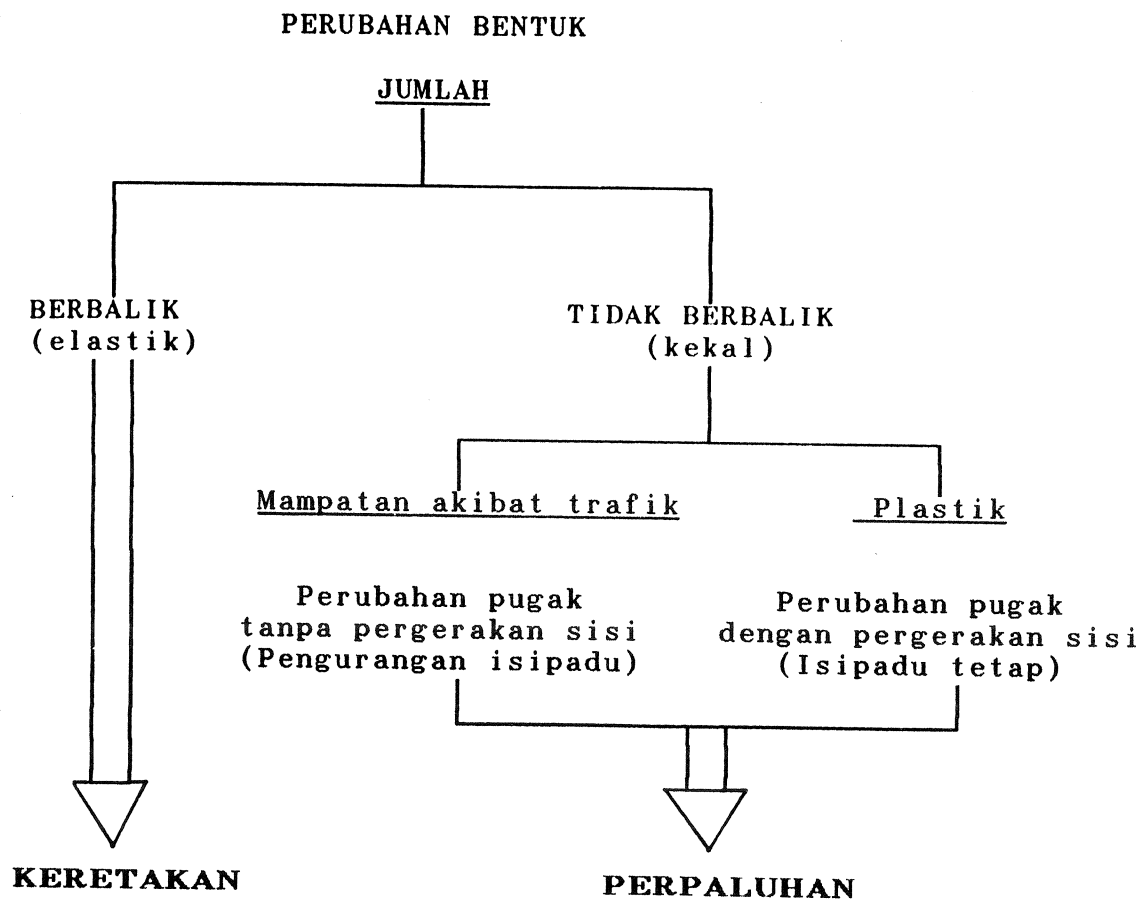
Seperti yang dinyatakan diatas, bitumen secara semula jadinya adalah bersifat *viscoelastik*. Ciri perubahan bentuknya adalah bersifatkan oleh:

- a) Ubah bentuk elastik adalah berkaitan dengan sifat pengagihan beban (kekukuhan elastik) dan keretakan akibat lesu.
- b) Ubah bentuk kekal atau ubah bentuk plastik yang mengakibatkan perpaluhan adalah berpunca dari pembebanan jangka panjang dan ia lebih sukar untuk diramalkan.

Ubah bentuk kekal terdiri dari ubah bentuk akibat mampatan dari trafik dan ubah bentuk plastik kerana sifat kelikatan campuran bitumen, seperti ditunjukkan dalam rajah 1.

Berdasarkan pengalaman berhubung konkrit berasfalt, terutamanya di lapisan permukaan, menunjukkan viscos/perubahan bentuk kekal adalah faktor utama menjejaskan usia campuran jenis ini dan merupakan kriteria utama didalam rekabentuk pavmen. Ubah bentuk kekal atau lain perkataan perpaluhan di laluan tayar (wheel tracks), biasanya berlaku diatas jalanraya yang membawa kenderaan berat yang bergerak perlahan dan melalui diatas jejak tayar yang sama. Fenomena ini berlaku di persimpangan jalanraya dan dilorong mendaki. Pembentukan perpaluhan ini merupakan satu masalah yang serius dan menyebabkan penyelenggaraan pramatang, dan ia juga melibatkan kos penyelenggaraan yang tinggi. Dengan bertambahnya isipadu trafik maka akan menyulitkan lagi masalah ini.

Perubahan bentuk dilapisan permukaan jalanraya ini berpunca dari banyak sebab. Dalam sebahagian kes, berpunca dari penumpukan ubah bentuk dalam semua atau satu-satu lapisan struktur pavmen dan juga subgred. Dalam kes yang lain pula ubah bentuk hanya terjadi dilapisan permukaan sahaja (lapisan haus dan pengikat), akibat mampatan dari beban trafik secara terus



RAJAH 1.1 : PERUBAHAN BENTUK KEKAL CAMPURAN ASFAL

atau ubah bentuk plastik akibat campuran yang kurang stabil dan akhirnya gabungan kesemua punca-punca diatas.

1.4 Skop Kajian Projek

Objektif projek ini ialah untuk mengkaji dan menilai keupayaan sisa kisaran konkrit berasfalt untuk digunakan semula sebagai lapisan permukaan jalanraya dengan campuran minyak kelapa sawit sebagai agen pemulihan. Campuran semula sisa kisaran konkrit berasfalt menggunakan 100% sisa kisaran yang diperolehi dari mesin pengisar tanpa dicampurkan dengan bahan-bahan yang baru. Sampel sisa kisaran ini dipanaskan semula dan dicampurkan dengan minyak kelapa sawit dan cyclogen pada peratus kandungan yang berbeza beza. Sampel sisa kisaran dibekalkan oleh Jabatan Kerja Raya Pahang, Daerah Maran. Cyclogen pula merupakan sejenis bahan pemulihan yang kerap digunakan oleh pihak swasta didalam proses guna semula, bertujuan untuk mengembalikan sifat-sifat asal bahan bitumen lama.

Penilaian keatas campuran ini ialah dengan menjalankan ujikaji *Wheel Tracking*, Ia mengukur ketahanan campuran terhadap ubah bentuk. Di Malaysia masalah perpaluhan kini menjadi semakin serius akibat dari bertambahnya bilangan gandar dan beban gandar kenderaan perdagangan. Kerajaan telah membelanjakan peruntukan yang besar untuk sektor pengangkutan jalanraya serta penyelenggaraan nya. Oleh itu adalah menjadi satu keuntungan kepada negara jika kajian ini berjaya untuk menghasilkan satu alternatif lain membaharui permukaan jalanraya.

Kajian projek ini lebih tertumpu kepada fenomena perpaluhan yang disebabkan oleh berkurangnya ketahanan terhadap ubah bentuk plastik dilapisan permukaan jalanraya disebabkan oleh kesan cuaca dan persekitaran. Penggunaan minyak kelapa sawit diharap dapat memulihkan kekuatan asal konkrit berasfalt. Kajian ini tidak meliputi ubah bentuk kerana kelemahan

keupayaan galas lapisan bawah jalanraya atau di subgred. Rekabentuk turapan juga tidak termasuk dalam skop kajian.

Untuk mencapai objektif ini masalah yang dihadapi dalam penggunaan semula sisa kisaran di Malaysia diperhatikan dan diteliti maklumat-maklumat serta data-data didalam kes-kes yang lalu yang boleh dibuat perbandingan khususnya terhadap lapisan permukaan turapan anjal. Kajian juga melihat faktor-faktor luaran yang mengakibatkan ubah bentuk kekal seperti keadaan trafik dan persekitaran jalanraya itu sendiri. Kandungan peratusan minyak kelapa sawit yang berbeza-beza digunakan untuk menyediakan spesimen untuk diuji. Disamping itu juga projek ini meliputi perkara-perkara berikut:-

- i) Mempastikan peralatan ujikaji *Wheel Tracking* sentiasa dalam keadaan yang boleh digunakan.
- ii) Menilai campuran dengan kandungan minyak kelapa sawit yang berlainan terhadap campuran tanpa minyak kelapa sawit dan membuat perbandingan dengan kajian yang dilakukan oleh pihak TRRL.

BAB DUA

BAB 2 GUNA SEMULA SISA KISARAN

2.1 Pengenalan

Guna semula lapisan permukaan bukanlah satu perkara baru, dalam tahun 1953 Scott⁽⁶⁾ menerangkan satu kaedah membaik-pulih jalan asphalt yang rosak (*reviving deteriorated asphalt road*) dengan mengikis, serta mencakar dan memecahkan lapisan permukaan kemudian mencampurkan sisa kisanan tersebut dengan sejenis minyak yang disari dari petroleum (*highly aromatic petroleum oil*). Tetapi sekarang penggunaan minyak jenis ini jarang digunakan lagi kerana ia boleh menghasilkan campuran yang sangat peka kepada proses ketuaan, iaitu kesan kebaikannya hanya pada jangka pendek. (*Civil Engineering - ASCE Dec 1978.*)

Kajian telah menunjukkan jalanraya di Amerika Syarikat sekarang sedang mengalami kerosakan dua kali lebih cepat dari ianya diperbaiki atau diturap semula, dan masalah yang sama juga sedang dihadapi oleh jurutera-jurutera jalanraya dinegara kita. Setiap kilometer jalan baru yang dibina akan mula mengalami kerosakan apabila dibuka kepada laulintas dan tanpa penyelenggaraan yang secukupnya tepat pada masanya, kerosakan dan kegagalan akan merebak ke lapisan tapak dan sub-tapak. Ini akan merumitkan lagi kerja-kerja penyelenggaraan dan meningkatkan kos pembaikan.

Kaedah tradisional masih lagi merupakan cara yang popular membaik pulih jalanraya yang rosak iaitu dengan menghamparkan lapisan baru konkrit berasfalt. Sungguh pun membaharui permukaan jalan dengan bahan baru masih merupakan satu kaedah yang biasa diamalkan, guna-semula lapisan permukaan jalanraya juga sedang berkembang penggunaannya dimerata dunia

dan kaedah ini semakin mendapat perhatian dalam program membaik-pulih jalanraya dimasa hadapan. Guna semula sisa kisaran ini boleh dilaksanakan dalam beberapa kaedah seperti berikut:

- (i) Guna semula sisa kisaran lapisan asfalt dicampurkan dengan bahan-bahan baru, campuran menggunakan proses panas diluar dari tapak bina.(proses di loji)
- (ii) Guna semula sisa kisaran dan bahan baru menggunakan proses panas di tapak bina.(In-situ)
- (iii) Guna semula sisa kisaran 100 %, dicampurkan dengan emulsion menggunakan proses sejuk di luar dari tapak bina. (proses di loji)
- (iv) Guna semula 100 % sisa kisaran, diproses dan dicampurkan dengan bahan pemulihan (*rejuvenating agent*) dan terus dihampar di tapak bina. (*In-situ recycling*)

Projek ini tertumpu kepada kaedah yang terakhir diatas, dengan menggunakan minyak kelapa sawit sebagai agen pemulihan. Minyak kelapa sawit digunakan kerana ia murah dan mudah didapati disini. Sejenis lagi agen pemulihan yang digunakan ialah cyclogen, iaitu agen pemulihan yang selalu digunakan oleh pihak yang terbabit dalam kerja kerja guna semula.

Loji asfalt untuk memanaskan dan mengerjakan permukaan turapan sedia ada telah dikeluarkan seawalnya pada tahun 1915. Guna semula di tapak secara sejuk telah dipraktikkan dalam berbagai kaedah sejak lebih dari 50

tahun⁽⁶⁾ lalu. Walaubagaimanapun pada masa itu adalah lebih murah untuk mengimpot dan menghampar lapisan asphalt yang baru berbanding guna semula bahan-bahan lama, kecuali bagi situasi-situasi tertentu, kerana bekalan bahan campuran bitumen dan batu baur yang banyak dan mudah didapati. Dengan kemajuan dalam bidang teknologi jentera, telah menghasikkan loji-loji dan jentera-jentera baru yang canggih, disamping peningkatan yang mendadak harga bitumen dalam pertengahan tahun 70an dan timbul kesedaran bahawa sumber batubaur mempunyai hadnya maka sekarang ini guna semula sisa kisanan lapisan permukaan jalanraya seharusnya menjadi satu pilihan yang perlu diberi pertimbangan.

2.2 Guna Semula Sebagai Satu Alternatif

Guna semula sisa kisanan merupakan salah satu dari pelbagai kaedah membaik-pulih turapan asphalt yang mengalami kerosakan dan kegagalan. Terdapat beberapa kaedah membaik-pulih lapisan permukaan konkrit berasfalt, diantaranya ialah:

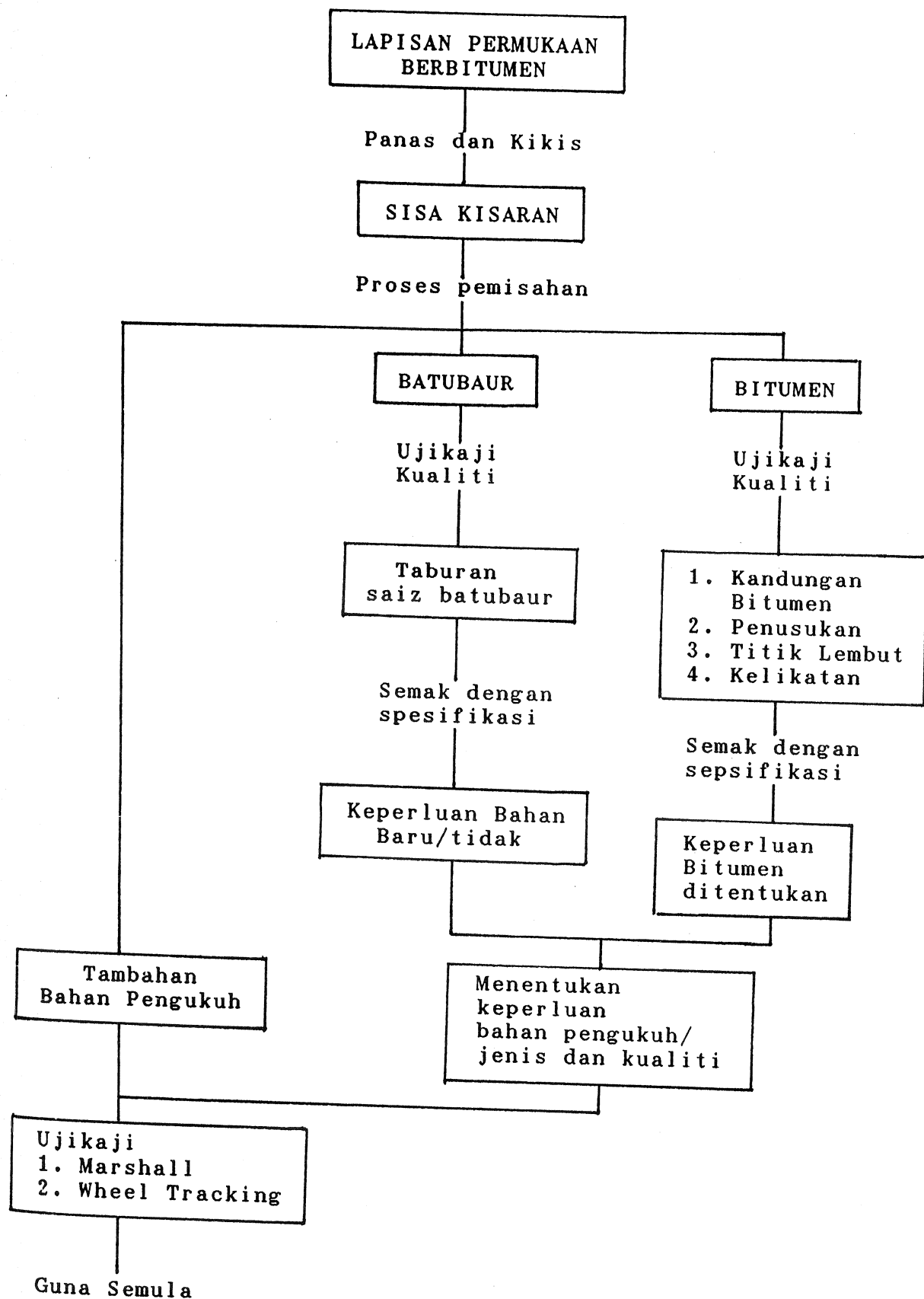
- i) Guna semula campuran panas.
- ii) Guna semula campuran sejuk.
- iii) Guna semula permukaan.
- iv) Baik-pulih dan hampar turapan baru.
- v) Kerja-kerja menampal (patching).

Pemilihan kaedah penyelenggaraan dan pembaikian dibuat berdasarkan kepada pertimbangan yang sewajarnya. Langkah pertama adalah menentukan faktor yang menyebabkan berlakunya kegagalan kepada turapan. Bagi tujuan

ini, rekabentuk asal turapan dan rekod pembinaan turapan perlu disemak dan dikaji semula.

Ujian tapak untuk menilai prestasi turapan sedia ada termasuklah ujian lenturan seperti rasuk benkelman atau *Falling Weight Deflectometer* (FWD), ujian penilaian keupayaan turapan seperti konsep *Present Serviceability Index* (PSI) atau seumpamanya perlu dilakukan. Ujian-ujian makmal juga perlu dilakukan ke atas sampel-sampel yang diperolehi/ditebuk dari turapan ini. Analisa terhadap keputusan ujian dilakukan bagi tujuan pemilihan kaedah pengubahsuaian pembinaan yang paling sesuai.

Penilaian terhadap setiap kaedah haruslah berdasarkan kepada prinsip rekabentuk turapan. Pertimbangan juga diberi terhadap perlakuan yang akan dijangkakan, pengaruh alam sekitar, jangkaan isipadu trafik dan beban trafik, ciri geometrik jalan, dan juga aspek ekonomik, iaitu kos awal dan kos selenggara yang dijangkakan.



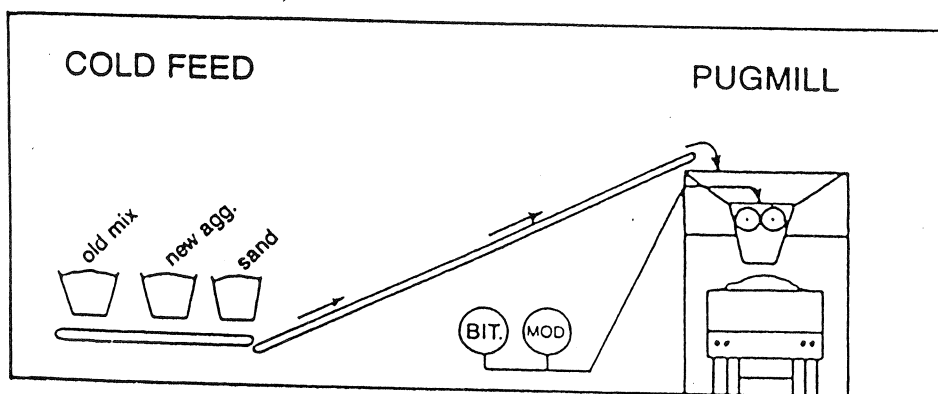
RAJAH 2.1 PROSES GUNA SEMULA SISA KISARAN

2.3 Guna Semula Campuran Sejuk

2.3.1 Proses Di Loji

Proses guna semula campuran sejuk ini dijalankan di loji tanpa menggunakan haba atau tanpa proses pembakaran. Loji yang digunakan samada secara kelompok (*batch*), secara dram atau jenis berterusan (*continuous*). Teknik berterusan lebih popular digunakan memandangkan ia boleh menghasilkan pengeluaran yang tinggi.

Operasi guna semula loji pusat boleh menggunakan sehingga 100 peratus sisa kisaran. Rajah 2.2 dibawah menunjukkan gambarajah skematik loji campuran sejuk.



Rajah 2.2 : Loji Campuran Sejuk

Diantara kebaikan proses di loji ialah:-

- (i) Mutu campuran semula sisa kisaran dapat dikawal ketahap yang diluluskan oleh piawaian. Ini boleh dilaksanakan melalui proses pengawalan mutu dengan menjalankan ujikaji-ujikaji kawalan.
- (ii) Kesesakan lalulintas dapat dikawal keparas minima kerana kumpulan jentera yang bekerja untuk merobek dan mengangkut sisa kisaran adalah kurang berbanding proses ditapak (*In-situ recycling*).

2.3.2 Proses Di Tapak

Semua kerja dalam proses ini dijalankan di atas permukaan jalanraya yang sedia ada dan tidak memerlukan sebarang pengangkutan bagi bahan-bahan binaan. Kos keseluruhan yang terlibat dalam guna semula campuran sejuk di tapak adalah lebih murah dari kaedah konvensional⁽⁷⁾ dan boleh menghasilkan jalanraya yang lebih stabil. Kaedah ini bukanlah satu cara baru membaikpulih jalanraya yang rosak, tetapi telah diamalkan sejak lebih dari 50 tahun lalu. Jentera-jentera dan peralatan yang digunakan terdiri dari pengikis (*rippers*), pencakar (*scarifiers*), mesin penghancur (*pulvimixers*) dan penstabil (*stabilizers*) untuk mendapatkan semula bahan permukaan dan tapak yang sedia ada. Prosedurnya terbahagi kepada tiga langkah utama:

- i) Mengisar permukaan turapan secara sejuk.

- ii) Memperbaiki mutu sisa kisaran - bentuknya, pengadunan (*blending*) dan mencampur.
- iii) Menghampar - jentera penghampar dan pengelek.

Bahan tambahan khas iaitu bitumen emulsi digunakan semasa proses mencampur untuk mendapatkan campuran yang seragam dan bolehkerja (*workable*), batubaur baru jika perlu (ditentukan melalui ujikaji) boleh ditambah untuk mendapatkan taburan saiz yang memenuhi spesifikasi.

Antara kebaikan guna semula di tapak secara sejuk ialah:

- i) Tidak memerlukan pemindahan haba untuk memanaskan permukaan jalanraya, proses tersebut boleh dilaksanakan pada suhu ambien.
- ii) Tiada perbelanjaan diperlukan, dalam konteks pengeluaran campuran panas, seperti proses pemanasan, kos bahan api, sistem pengawalan pengeluaran dan lain-lain.
- iii) Kos pengangkutan bahan yang dikeluarkan di loji boleh dihapuskan sama sekali.
- iv) Guna semula mengurangkan keperluan kuari, seperti proses pemecahan, mengagihkan batubaur yang mana lama kelamaan ini akan menghabiskan bekalan sumber-sumber alam semula jadi.

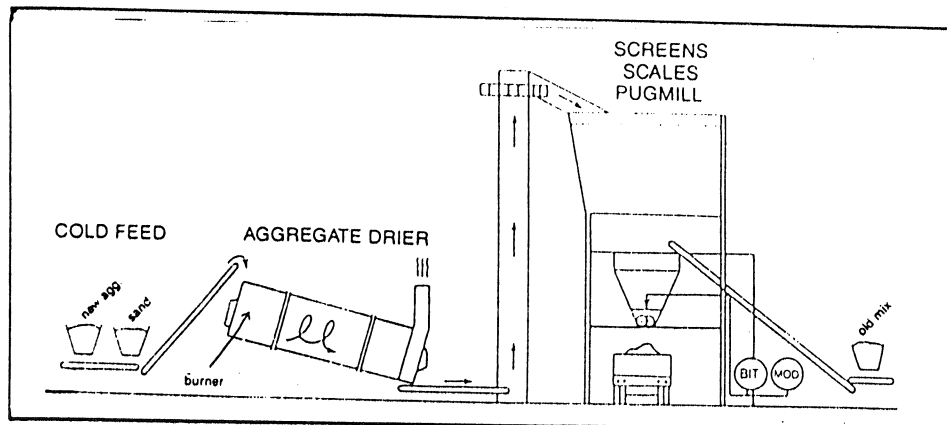
2.4 Guna Semula Campuran Panas

2.4.1 Proses di loji:

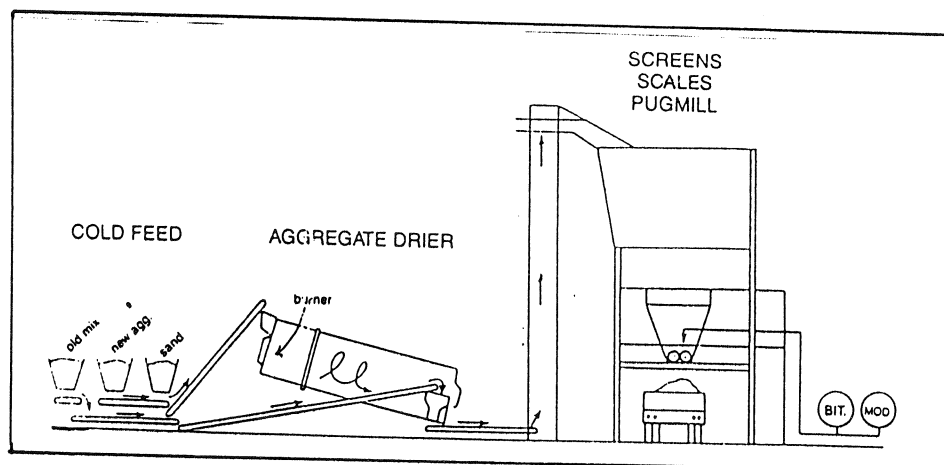
Teknologi memproses campuran panas melibatkan bahan sisa kisan digabungkan dengan bahan-bahan baru untuk menghasilkan campuran guna semula berbitumen yang berkualiti. Teknik memanaskan sisa kisan memerlukan teknologi tinggi yang terkini dan canggih kerana bahan sisa kisan iaitu batubaur diselaputi lapisan bitumen lama. Kadar pemindahan haba ke sisa kisan perlu dikawal dengan teliti pada tahap yang sesuai bagi bitumen itu. Ini kerana kadar haba yang berlebihan dipindahkan ke batu baur melalui lapisan bitumen akan mengakibatkan lapisan bitumen tersebut mengalami sejatan separa dan tersejat ke atmosfera. Oleh itu adalah amat penting proses pemindahan haba di jalankan dengan teliti.

Campuran guna semula ini boleh dihasilkan melalui dua kaedah; iaitu menerusi loji kelompok atau melalui loji dram. Dalam proses loji kelompok kaedah pemindahan haba meliputi penggunaan batubaur baru yang telah dipanaskan terlebih dahulu dan dicampurkan dengan sisa kisan pada suhu ambien. Pemindahan haba berlaku semasa mereka bercampur dalam *pugmill* dan pemindahan tersebut berlanjutan semasa di angkat dan semasa dihamparkan di tapak (rajah 2.3).

Dari perbandingan kedua-dua sistem tersebut, campuran dram (lihat tajuk seterusnya) boleh menampung kandungan sisa kisan lebih tinggi dari loji kelompok. Loji kelompok selalunya boleh menampung 10-35% tetapi pada keadaan-keadaan tertentu sehingga 50% ⁽⁶⁾.



Rajah 2.3 : Loji kelompok, Sisa kisaran dan Batubaur yang telah dipanaskan dicampurkan didalam *Pugmill*



Rajah 2.4 : Loji kelompok, Sisa kisaran dan batubaur panas dicampurkan di dalam dram pengering.

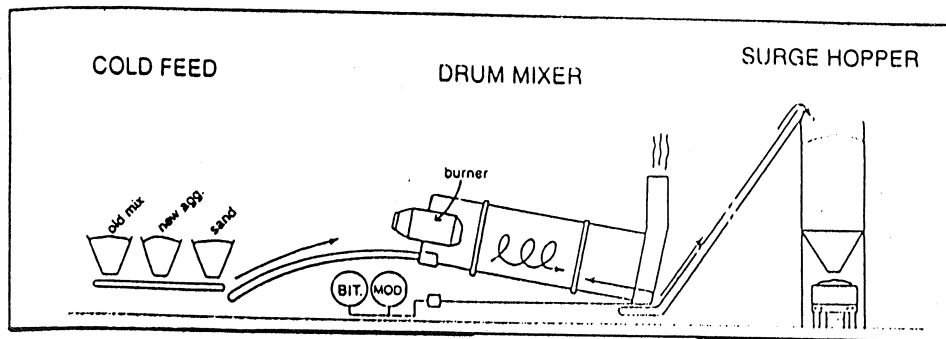
Dalam proses loji dram teknik pemindahan haba juga digunakan, samada bahan batubaur baru sahaja dipanaskan atau kedua-dua batubaur baru dan sisa kisaran dipanaskan bersama-sama (Rajah 2.4).

Di antara susunan dram yang berbeza ialah:

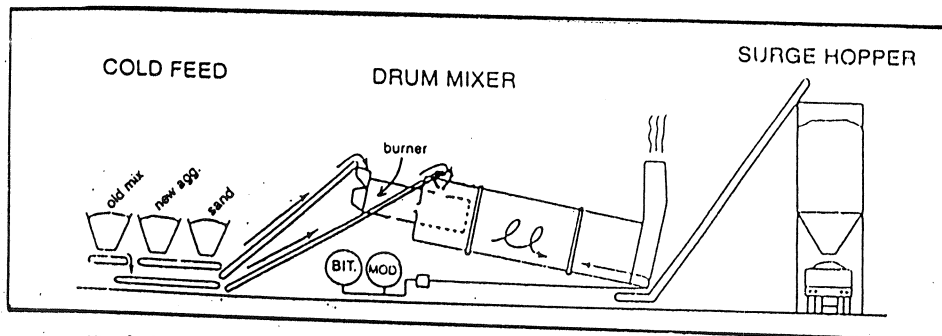
- a) *Flame Defuser* (Rajah 2.5)
- b) *Drum Within a Drum* (Rajah 2.6)
- c) *Drum Mixer Within Split Feed* (Rajah 2.7)
- d) *Tandem Drum Mixers* (Rajah 2.8)

Kaedah guna semula sisa kisaran secara umumnya dapat memelihara sumber alam semulajadi, ekoloji dan ekonomik, beberapa aspek kelebihan lain yang boleh diperolehi ialah:

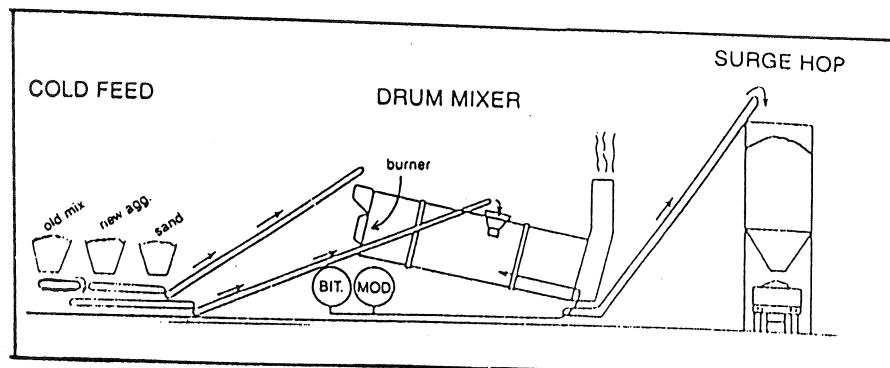
- i) Lebih baik dari guna semula campuran sejuk kerana permukaan jalanraya dipanaskan terlebih dahulu sebelum dicakarkan dan diangkat kedalam lori tanpa memecahkan saiz asal batu baur maka *grading* asal dapat dikekalkan.
- ii) Campuran panas guna semula konkrit berasfalt lebih senang dipadatkan, maka lebih senang mencapai ketumpatan maksima.
- iii) Baik pulih dapat dijalankan sepenuhnya tanpa perubahan ketebalan dan jika ada hanya sedikit.
- iv) Masalah herotan di permukaan dan dasar turapan asal dapat diatasi.
- v) Kekurangan-kekurangan bahan yang wujud dalam campuran sedia ada dapat diperbaiki dengan mencampurkan semula sisa kisaran dengan bahan baru.
- vi) Pengendalian di tapak mudah dilakukan walaupun masalah terhadap kualiti udara di tapak mungkin timbul jika peralatan yang sesuai tidak digunakan atau peratus bahan guna semula terlampau tinggi dalam campuran.



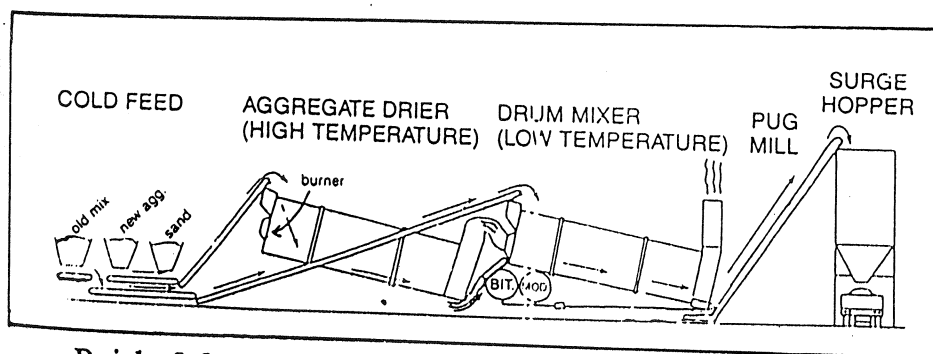
Rajah 2.5 : *Flame Defuser*



Rajah 2.6 : *Drum Within a Drum*



Rajah 2.7 : *Drum Mixer Within Split Feed*



Rajah 2.8 : *Tandem Drum Mixers*

2.4.2 Proses Di Tapak

Projek ini melibatkan guna semula sisa kisaran secara campuran panas di tapak, tanpa perlu di bawa ke loji lain. Terdapat 2 teknik guna semula di tapak, samada menggunakan 100% bahan sisa kisaran yang dipanaskan semula dengan tambahan agen pengukuh atau teknik kedua, dicampurkan dengan bahan-bahan (batubaur campur Bitumen baru) pada peratus tertentu.

Loji asphalt yang mudah alih untuk memanaskan dan mengerjakan turapan sedia ada, telah dikeluarkan seawal 1915⁽⁶⁾. Sejak lima belas tahun lalu peralatan dan jentera yang begitu canggih telah dihasilkan bagi memenuhi permintaan pasaran.

Dalam guna semula secara panas permukaan asphalt dipanaskan dengan alat pemanas bagi melembutkannya dan membolehkan lapisan atas asphalt di cakar dengan pengikis dan dimasukkan ke dalam pembancuh. Mesin guna semula yang kecil terdiri daripada satu unit pemanas, pengikis (scarifier) dan penghampar. Mesin yang lebih panjang berupaya menghampar guna semula selebar satu lorong penuh (hingga 4500 mm). Dalam satu laluan selalunya beroperasi dengan 2 unit, pertama ialah pemanas dengan tangki gas sendiri dan mesin kedua ialah pengikis dan penghampar yang mempunyai kapasiti bergantung kepada suhu.

Permukaan turapan (asfalt) dipanaskan sehingga suhu 120°C sebelum dicakar, kedalaman kikisan yang sesuai (praktikal) ialah kira-kira 60 mm (jentera yang ada sekarang). Dengan kedalaman ini halaju pergerakan mesin adalah kira-kira 1.5 ke 2 meter seminit. Agen pemulihan disemburkan ke atas sisa kisaran semasa ia memasuki pugmill. Kadar ia dicampurkan perlulah

ditentukan terlebih dahulu sebelum kerja-kerja bermula, iaitu dengan menjalankan ujikaji-ujikaji ke atas sampel turapan bitumen yang sedia ada. Tujuan ini semua ialah untuk menghamparkan semula sisa kisaran tersebut. Sebagai lapisan permukaan yang mempunyai kelakuan dan keupayaan seperti turapan yang baru tetapi lebih ekonomik dan cepat.

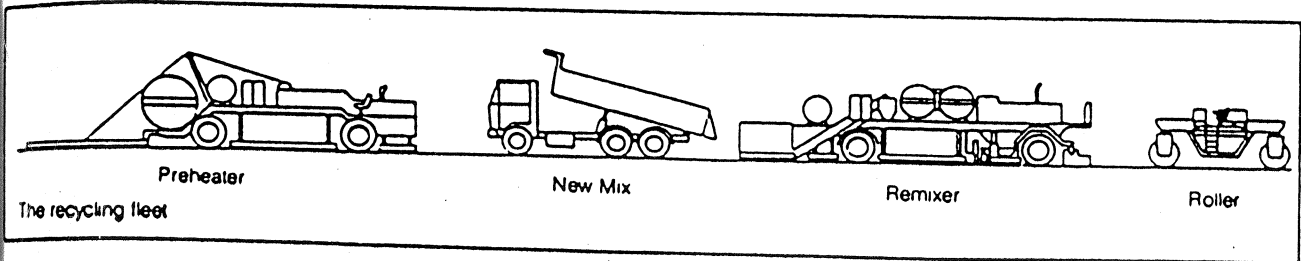
Campuran asfalt tambahan diperlukan bagi menokok tambah sebarang kekurangan akibat permukaan turapan asal sedia ada yang beralun. Jumlah tambahan asfalt yang perlu adalah dalam lingkungan 1% ke 5% dari keseluruhan permukaan pavmen.

Asphalt Recycling and Reclaiming Association⁽¹⁰⁾ memberikan 2 cara perlaksanaan, samada sekali lalu (1 fasa) atau 2 kali lalu (2 fasa). Kaedah satu fasa, turapan lama digabungkan secara monolitik denggan bahan baru dan 2 fasa pula, sisa kisaran dimampatkan terlebih dahulu dan kemudian ditambah dengan lapisan permukaan baru.

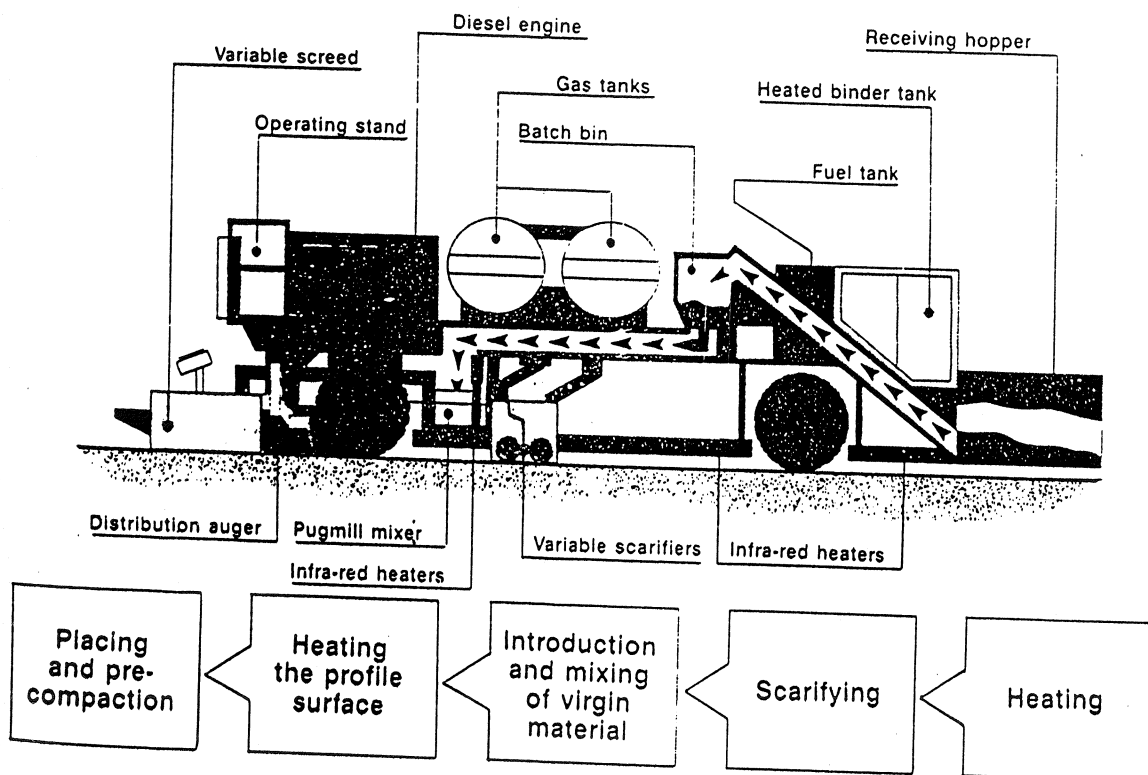
Guna semula campuran panas di tapak dapat membaiki dengan berkesan kerosakan-kerosakan jalanraya yang berikut:

- i) Keretakan dibaiki dan ditampal.
- ii) Batubaur dibersihkan dari lapisan bitumen kemudian digaulkan dan diselaputi bitumen semula.
- iii) Perpaluhan dan lubang-lubang ditutupi, bonggol dan busut diratakan, kesan aliran air dan puncak rabong dibaiki.
- iv) Sifat kebolehlenturan turapan dipulihkan secara kimia dengan menggunakan agen pemulihan ke atas bitumen lama yang sudah rapuh.

- v) Taburan gred batubaur dan kandungan asfalt boleh diubahsuai dalam proses ini.
- vi) Memperbaiki ciri-ciri keselamatan lapisan permukaan turapan terhadap kegelinciran akibat hakisan.



Rajah 2.9 : Kumpulan Jentera Guna Semula



Rajah 2.10 : Mesin membancuh dan menghampar.



Gambar 2.1 : Proses mengikis lapisan permukaan jalanraya



Gambar 2.2 : Kerja-kerja menurap jalan dengan campuran guna semula



Gambar 2.3 : Jentera penghampar lapisan permukaan jalanraya dengan campuran guna semula

2.5 Agen Pemulihan Dalam Proses Guna Semula

Bitumen lama yang terdapat di dalam sisa kisaran konkrit berasfalt selalunya mempunyai sifat-sifat fizikal atau kimia yang tidak sesuai untuk diguna semula tanpa dicampurkan dengan agen pemulihan, ini adalah kerana:

- i) Bitumen telah mengalami proses ketuaan akibat tindakan cuaca, kenderaan (traffik) dan bahan-bahan kimia lain yang menjejaskan sifat-sifat asal bitumen.
- ii) Semasa proses pembakaran bitumen telah mengalami perubahan sifat mekanikalnya, mengurangkan nilai penusukan, menyebabkan bitumen menjadi lebih keras dan rapuh.

Dalam kajian projek ini dua jenis agen pemulihan yang digunakan ialah minyak kelapa sawit (olein kelapa sawit) dan cyclogen. Minyak kelapa sawit ialah minyak yang diperolehi dari *fruit flesh* kelapa sawit. Tujuan menggunakan agen pemulihan ini dalam campuran sisa kisaran konkrit berasfalt ialah:

- i) Untuk mengembalikan sifat-sifat asal bitumen lama (bitumen yang telah digunakan dalam campuran konkrit berasfalt) supaya sesuai digunakan semula sebagai lapisan permukaan jalanraya.
- ii) Mengembalikan sifat-sifat kimia dan mekanikal bitumen untuk tujuan mendapatkan sifat kelasakan campuran konkrit berasfalt.
- iii) Menyediakan pengikat tambahan kepada batubaur yang telah mengalami hakisan.

Disamping ia mudah dan murah diperolehi dipasaran Malaysia ia juga didapati boleh melanjutkan usia bitumen serta melembutkan bitumen lama.

Piawaian ASTM D4552 - 87 menerangkan cara-cara mengkelaskan agen guna semula campuran panas. Piawaian tersebut membahagikan ia kepada enam kumpulan iaitu RA 1, RA 5, RA 25, RA 75, RA 250 atau RA 500 seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.1 (ASTM Table 1).

Cara pengkelasan ialah melalui ujikaji-ujikaji berikut:-

- (i) Kelikatan
- (ii) Titik Terbakar
- (iii) Keserasian (*compatibility : weight percent of saturates*)
- (iv) RTF atau TF *oven residue* (kelasakan)
- (v) Graviti tentu

Walaupun prosedur dalam ASTM D 4552 - 87 hanya untuk agen pemulihan hasil dari bahan petroleum , tetapi ujikaji-ujikaji yang digunakan boleh dijadikan sebagai panduan untuk mengkelaskan bahan-bahan lain sebagai agen pemulihan.

Sifat-sifat fizikal agen pemulihan ialah mesti homogeneous, bebas mengalir pada suhu mengepam dan perlu memenuhi syarat-syarat dalam jadual 2.1. Antara bahan-bahan yang boleh digunakan sebagai agen pemulihan dan masih dalam kajian ialah:

- i) Gilsonite
- ii) Serbuk Getah Asli
- iii) Getah Tiruan

- iv) Sisa-sisa PVC dan Polythylene
- v) Serbuk Sisa Getah
- vi) Polimer

Pembaca perlu rujuk kepada teks lain untuk penerangan terperinci mengenai komposisi kandungan dan kegunaan bahan-bahan di atas.

2.6 Rekabentuk Campuran Guna Semula

Bernard F. Kallas⁽⁸⁾ dari The Asphalt Institute Maryland, USA, telah menyediakan maklumat-maklumat yang diperlukan untuk mereka bentuk campuran panas untuk guna semula. Kaedah ujikaji paiwai Marshall dan Hveem telah digunakan untuk menentukan kriteria reka bentuk.

Lima langkah digunakan untuk mendapatkan rekabentuk yang sesuai:

- i) Pelan menyempel secara statistik
- ii) Ujikaji untuk menentukan sifat-sifat pengikat lama.
- iii) Ujikaji Stripping.
- iv) Kriteria reka bentuk campuran.

Pelan menyempel secara statistik, ialah untuk mendapatkan prosedur yang baik bagi menyempel secara statistik bagi simpanan stok, *blended* atau turapan asfalt di tapak untuk guna semula.

Banyak ujikaji-ujikaji dijalankan untuk mendapatkan rekabentuk campuran yang sesuai dan ia melibatkan kerja yang banyak. Ujikaji-ujikaji tersebut ialah ujikaji piawai ASTM, diantaranya ialah:-

a) Ujikaji-ujikaji *Extraction* dan *Recovery*.

- (i) ASTM D 1856 - *Test for Recovery of Asphalt from Solution by Abson Method.*
- (ii) ASTM D 2172 - *Test for Quantitative Extraction of Bitumen from bituminous Paving mixtures*
- (iii) ASTM D 5 - Ujikaji penusukan bagi bahan berbitumen
- (iv) ASTM D 2171 - Ujikaji kelikatan asfalt menggunakan *Vacuum Capillary Viscometer*
- (v) ASTM D 2170 - *Test for Kinematic Viscosity of Asphalts (bitumens)*
- (vi) ASTM C 2170 - *Test for Materials Finer than (75 μ m) No. 200 Sieve in Mineral Aggregates by Washing*
- (vii) ASTM C 136 - Ujikaji analisa ayakan untuk batubaur kasar dan halus.

b) Ujikaji menentukan ciri-ciri pengikat lama seperti:

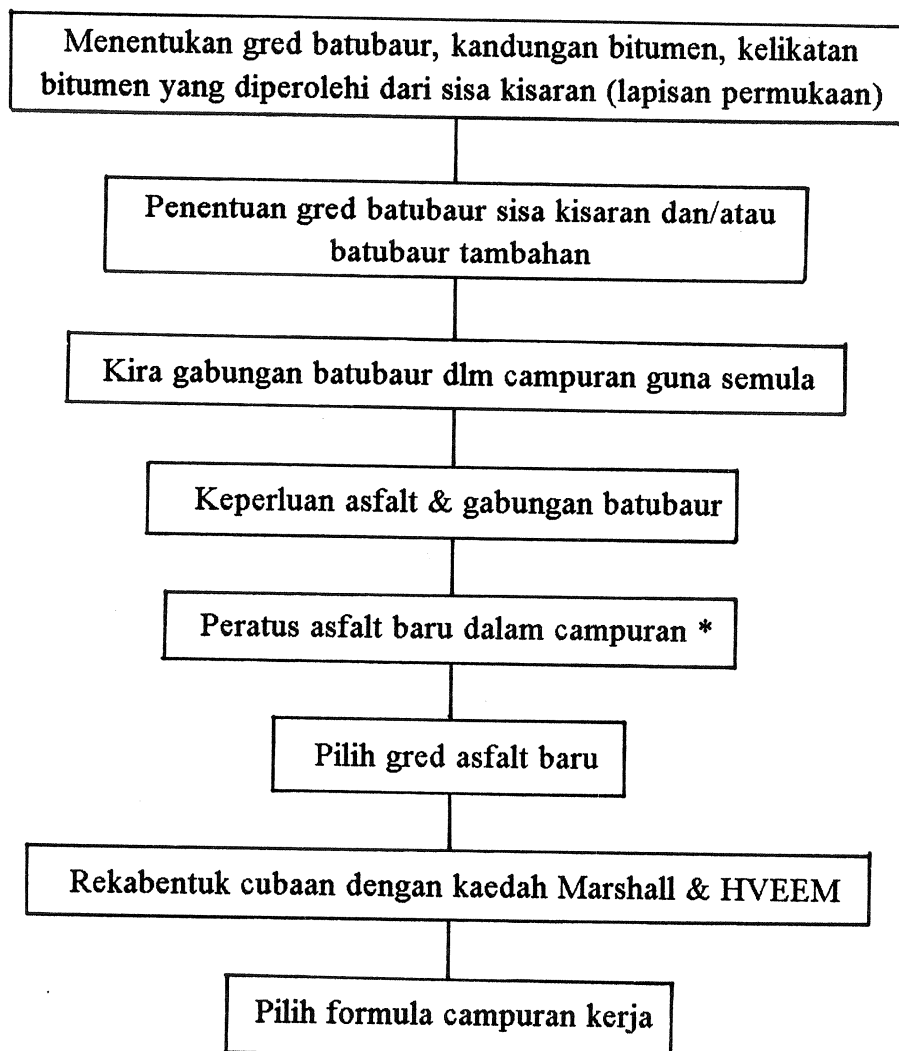
- (i) ASTM D 4124 - Pemisahan Chromatographic
- (ii) Ujikaji pemendapan Asphaltene: Untuk menentukan keberkesanan agen guna semula sebagai pemisah asphaltene dalam asfalt lama.
- (iii) ASTM D 2006 - Analisis Rostler ⁽⁸⁾
- (iv) ASTM D 4124 - Pemisahan asfalt kepada empat bahagian

(v) ASTM D 2007 - *Saturate Fraction for Sharacteristic Group in Rubber Extender*

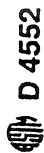
c) Kriteria rekabentuk untuk mendapatkan kandungan agen pengukuh.

- (i) Ujikaji Marshall
- (ii) Ujikaji Hveem

Kaedah rekabentuk secara terperinci diterangkan di dalam rujukan (8). Berikut ialah carta alir prosedur rekabentuk campuran guna semula.



* Agen pemulihan boleh dicampurkan.



D 4552

TABLE 1 Physical Properties of Hot-Mix Recycling Agents

NOTE—Compliance requires the asphalt be extracted from the pavement to be recycled and combined with the recycling agent being tested. This combination should be in accordance with ratio of recycling agent to recovered asphalt used in the mix. The resulting mixture must meet all specifications for the appropriate grade within Specification D 946 or Table 1, 2 or 3 of Specification D 3381.

Test	ASTM Test Method	RA 1		RA 5		RA 25		RA 75		RA 250		RA 500	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Viscosity • 140°F, cSt ^a	D 2170 or D 2171	50	150	200	800	1000	4000	5000	10000	15000	35000	40000	60000
Flash Point, COC, F	D 92	425	...	425	...	425	...	425	...	425	...	425	...
Saturates, wt, % ^b	D 2007	...	25	...	25	...	25	...	25	...	25	...	25
Tests on Residue from RTFO or TFO oven	D 2872 or D 1754	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Viscosity Ratio ^c	...	...	3	...	3	...	3	...	3	...	3	...	3
Wt Change, ±, %	...	...	4	...	4	...	4	...	4	...	4	...	4
Specific Gravity	D 70 or D 1298	Report	Report	Report	Report	Report	Report	Report	Report	Report	Report	Report	Report

^a A recycling agent having a viscosity value outside the specified range is acceptable providing it meets all the above criteria, except viscosity, and has a minimum to maximum viscosity range comparable to the nearest RA grade.

^b A recycling agent having a Saturates weight % above 25 and below 30 is acceptable providing it meets all the above criteria except Saturates weight %.

^c Viscosity Ratio = $\frac{\text{Viscosity of Residue from RTFO or TFO Oven Test} \cdot 140^\circ\text{F, cSt}}{\text{Original Viscosity} \cdot 140^\circ\text{F, cSt}}$

Jadual 2.1 : Sifat-sifat fizikal agen pemulihan untuk campuran panas

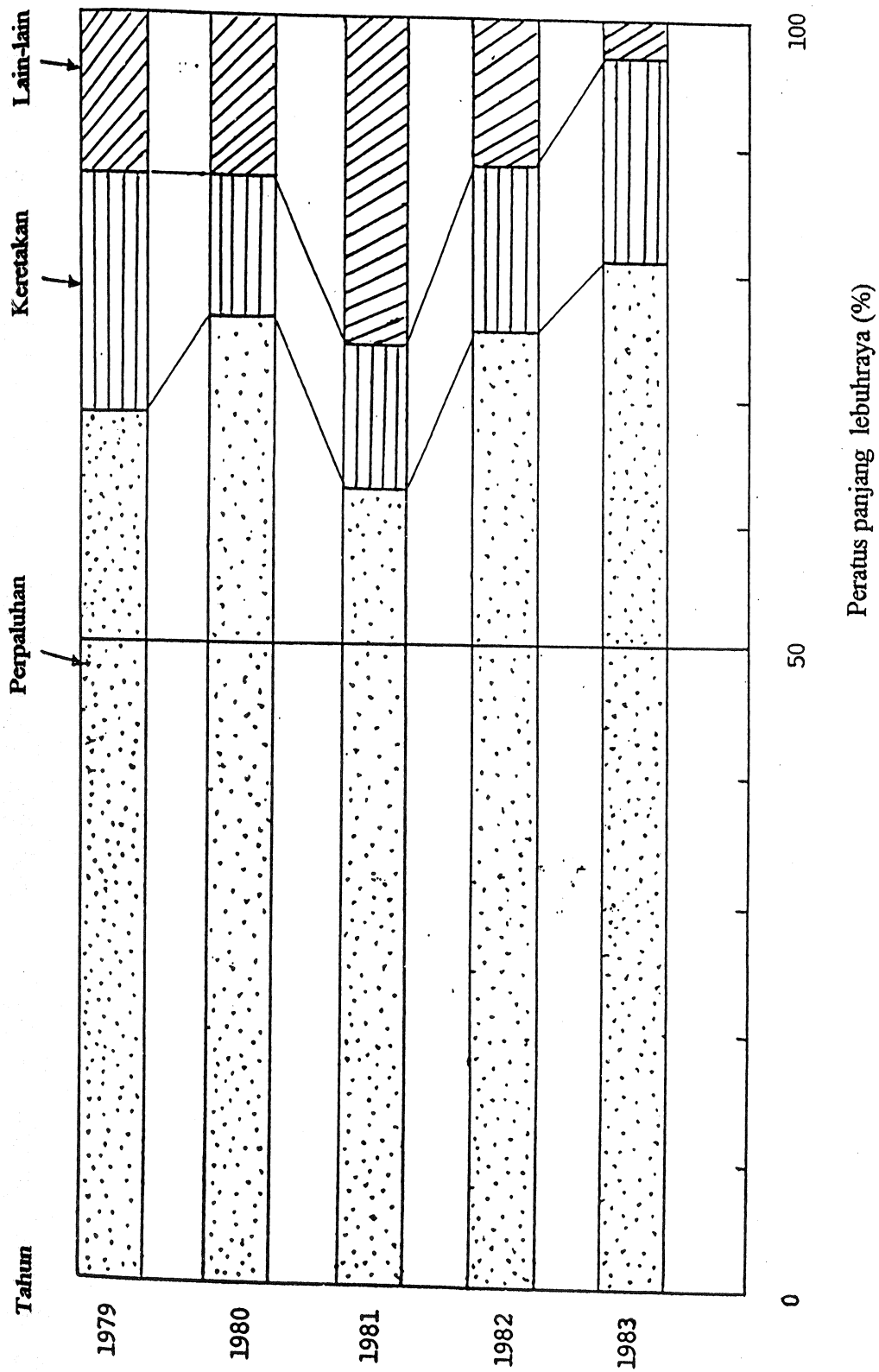
BAB TIGA

BAB 3 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI UBAH BENTUK KEKAL.

3.1 Pengenalan.

Ubah bentuk kekal merupakan subjek utama dalam kajian projek ini, boleh ditakrifkan sebagai pertambahan terkumpul terikan plastik dalam setiap lapisan pavmen disebabkan pengukuhan atau pergerakan sisi bahan-bahan akibat tindakan beban yang berulang-ulang atau lekukan memanjang atau perpaluhan yang terjadi dalam laluan roda akibat beban yang berulang-ulang. Ubah bentuk kekal juga berpunca dari tindakan beban jangka panjang yang mana ini lebih sukar diramal.

Faktor utama yang mempengaruhi ubah bentuk ialah komposisi campuran, tetapi bagi sesuatu komposisi sifatnya akan dipengaruhi oleh kelikatan bitumen. Ubah bentuk tertinggi adalah apabila suhu khidmat tinggi, yang mana 60°C boleh diambil sebagai suhu tapak maksima. Pada suhu tersebut kesan terkumpul (*cummulative*) akibat suatu beban yang berulang-ulang bagi suatu tempuh singkat akan ditentukan oleh kelikatan bitumen. Semasa musim panas yang panjang pada tahun 1976 di United Kingdom, satu kajian mendapati ubah bentuk dilaluan roda satu lapisan permukaan asfalt tergelek panas adalah antara 2 hingga 4 kali ganda dari kadar perpaluhan pada purata musim panas biasa.



Rajah 3.1 : Punca kerosakan lebuhraya di Jepun (From G. Nieveit, 1988)

3.2 Review Masalah Ubah Bentuk Kekal.

Perpaluhan kini menjadi satu masalah yang serius dan merupakan titik mula terjadinya kerosakan turapan dan mengakibatkan meningkatnya kos penyelenggaraan dan pembaikan jalanraya dikebanyakan negara terutamanya negara berhawa panas. Sebagai contohnya rajah 3.1 menunjukkan 70% kerja-kerja pembaikan jalanraya di Jepun adalah kerosakan akibat perpaluhan dan ia merupakan masalah utama di *Expressway* Jepun. Perpaluhan yang berlebihan juga dialami dalam campuran panas konkrit berasfalt di Amerika Syarikat, Austria, Perancis dan United Kingdom dan juga di Malaysia.

Perpaluhan merupakan salah satu kriteria yang perlu diambil kira dalam proses merekabentuk turapan dan ia menjadi punca kemerosotan atau berkurangnya kebolehhidmatan dan keselamatan jalanraya.

Dari kajian Jabatan Kerja Raya didapati masalah perpaluhan merupakan salah satu punca menyebabkan kerosakan jalan di lebuh raya Kuala Lumpur - Karak terutamanya lorong mendaki. Selepas tiga tahun berkhidmat, perpaluhan dan permukaan beralun yang berlebihan telah dilihat terbentuk lorong mendaki bagi kenderaan berat dan juga diselekeh.

Masalah yang serupa dilaporkan terjadi di Ibukota Kuala Lumpur terutamanya di persimpangan berlampu isyarat di mana berlakunya perpaluhan dan batubaur permukaan tertanggal.

Oleh itu langkah-langkah pembaikan atau pencegahan masalah ini perlu diambil oleh pihak-pihak yang berkaitan demi untuk menjamin keselesaan, keselamatan dan ekonomi pengguna. Terdapat berbagai pendekatan kearah itu, satu kaedah yang efektif ialah memilih campuran

lapisan haus dan pengikat yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap ubah bentuk. Kriteria perpaluhan perlu pertimbangan khusus dalam prosedur merekabentuk struktur pavmen. Perkara-perkara di atas telah membawa kepada tiga perkembangan utama:

- a) Satu perubahan yang dramatik dalam prosedur merekabentuk campuran dengan menggunakan ujikaji mengukur prestasi/keupayaan seperti ujikaji *Wheel Tracking* untuk menghasilkan campuran yang mempunyai lebih rintangan terhadap perpaluhan.
- b) Menerbitkan ciri-ciri khas dalam merekabentuk lapisan campuran konkrit berasfalt untuk turapan tugas berat bagi mengurangkan perpaluhan. Ini melibatkan lapisan haus, lapisan pengikat dan juga lapisan tapak (*roadbase*).
- c) Mengambil kira perpaluhan sebagai satu dari dua bentuk kegagalan dalam prosedur reka bentuk (Rekabentuk analitikal) satu lagi kriteria ialah keretakan lesu.

Dalam menilai keupayaan turapan dari aspek penyelenggaraan, perpaluhan adalah satu kriteria penting yang digunakan untuk menentukan taraf kebolehhidmatan turapan samada ia berada dalam keadaan baik atau memerlukan kerja-kerja pembaikan dan/atau pemulihan. Sebagai contohnya di United Kingdom, kriteria perpaluhan kritikal telah ditakrifkan oleh Jawatankuasa Marshall sedalam 25mm. Apabila masalah perpaluhan menjadi bertambah serius, nilai ini telah dikurangkan ke 20mm oleh RN 29 dan akhirnya menurun ke 10mm dalam LR1132.

Sungguh pun begitu keadaan di Malaysia masih pada tahap 20 mm sebagai kriteria had penyelenggaraan, ini berdasarkan kepada tahap ekonomi dan perkhidmatan yang mampu di berikan oleh pihak berkuasa dan juga berdasarkan penerimaan pengguna-pengguna jalanraya.

3.3 Pembentukan Perpaluhan

Daripada definisi, perpaluhan adalah akumulasi terikan plastik disemua lapisan struktur jalanraya termasuk subgred. Perpaluhan yang terbentuk di lapisan bitumen seperti konkrit berasfalt, adalah agak besar terutamanya di negara cuaca panas seperti Malaysia. Keseluruhan ubah bentuk kekal yang terbentuk oleh berbagai lapisan dalam turapan anjal boleh dikaji di tapak dengan mengorek lubang-lubang pemerhatian bersaiz yang sesuai di lokasi perpaluhan itu sendiri. Ubah bentuk oleh setiap lapisan boleh diperhatikan dan diukur. Cara ini adalah yang digunakan oleh Herbert and Robert 1988. Dalam penyelidikan mereka ke atas satu tapak turapan tugas berat dalam kawasan arang batu di Kentucky, Amerika Syarikat. Di sini lori-lori berat yang lalu telah menyebabkan meningkatnya perpaluhan, tempat paling teruk ialah di laluan mendaki dan di persimpangan yang mempunyai alat kawalan trafik. Kaedah penyelidikan mereka ialah dengan mengorek parit selebar 1.2 dan dalam 0.9 merentasi turapan untuk menilai lapisan-lapisan pavmen. Dari penelitian di dapati bahawa:

- a) Tiada ubah bentuk terjadi ke bawah dari 50 mm dari permukaan.
- b) Dari ukurdalam 150 mm hingga ke permukaan turapan, ubah bentuk bertambah.

- c) Di lapisan 150 mm, ubah bentuk bercirikan seperti berikut; lapisan atas konkrit berasfalt adalah lebih nipis di lorong laluan roda dan lebih tebal antara roda-roda ini menunjukkan pergerakan riceh di campuran asphalt.

Dalam satu kajian terdahulu dari itu oleh Leech dan Selves (1970) berkaitan dengan pengukuran ubah bentuk turapan asphalt menunjukkan lapisan *unbound granular* sub-tapak dan tapak tidak berkelakuan viscos dan bagi jalan yang direkabentuk dengan baik menunjukkan lapisan tapak dan sub-tapak menyumbangkan hanya sedikit ubah bentuk (perpaluhan). Mereka juga berpendapat bahawa pembentukan perpaluhan dalam lapisan asphalt tidak bergantung kepada sifat-sifat subgred.

Dalam satu lagi kajian yang serupa dipelbagai tapak di United Kingdom oleh Brown dan Stephen, keputusan yang didapati bahawa perpaluhan adalah berpunca dari masalah campuran konkrit berasfalt dan bukannya masalah subgrade atau tapak.

Walau pun fakta-fakta dan maklumat yang dinyatakan di atas menunjukkan bahawa lapisan permukaan berbitumen menyumbangkan perubahan bentuk yang terbesar kepada keseluruhan ubah bentuk, tetapi kesan plastik dan juga kekurangan rekabentuk dalam tapak dan sub-tapak dan juga subgrade tidaklah sepatutnya diketepikan/abaikan. Kajian-kajian lepas telah menunjukkan bahawa kekurangan dilapisan *unbound* telah juga menyumbangkan kepada ubah bentuk.

3.4 Faktor-faktor Luaran

Ciri-ciri ubah bentuk kekal bagi campuran asphalt dipengaruhi oleh faktor-faktor luaran akibat kenderaan bergerak atau statik, seperti akibat memberek, memecut dan berpusing. Seperti yang diketahui bahan pengikat adalah berasfalt visco elastik, maka keadaan persekitaran juga memberi kesan terhadap perbezaan sifat-sifat campuran. Faktor-faktor luaran lain ialah seperti ciri-ciri geometrikan jalanraya.

3.4.1 Keadaan Trafik

Tegasan yang terhasil di permukaan jalan bergantung kepada faktor-faktor berikut:

- i) Beban gandar
- ii) Tekanan tayar atau tekanan sentuhan
- iii) Isipadu trafik terutamanya komposisinya dan peratus kenderaan perdagangan (c.v) dan jenisnya.
- iv) Mod bebanan, tempuh beban dikenakan dan kadar ia berulang (halaju, nisbah kuasa/berat dll)

3.4.1.1 Beban Gandar Kenderaan Perdagangan.

Setiap negara mempunyai piawai untuk menentukan had beban gandar yang dibenarkan kerana magnitud dan jumlah beban trafik menyebabkan ubah bentuk. Trafik normal yang menggunakan jalan adalah terdiri dari campuran berbagai jenis kenderaan. Pihak AASHO menghasilkan satu kaedah menilai berbilang trafik dalam bentuk bilangan beban setara gandar piawai. Konsep

beban setara bermakna satu kenaan beban (L) adalah setara dalam bentuk kerosakan pavmen dengan kenaan (F) satu beban piawai (L_s), di mana

$$F = (L/L_s)^n$$

F = Kerosakan Trafik.

Nilai-nilai kuasa n yang didapati oleh kebanyakan penyelidik ialah kira-kira 4

Beban piawai L_s umumnya digunakan ialah 80 kN.

3.4.1.2 Tekanan Sentuhan antara Roda dan Permukaan Jalanraya.

Ia bergantung kepada beban yang dikenakan ke atas roda, jenis tayar (konvensional atau radial), tekanan tayar, kelajuan kenderaan akan mengubah kelakuan tayar dan corak tekanan sentuhan.

Satu kajian telah dijalankan oleh Pusat Penyelidikan Jalanraya, Belgium (OECD Road Research Group 1975) ke atas berbagai jalanraya, beban roda dan luas sentuhan diukur. Didapati hubungan-hubungan statistik berikut:

$$S = 0.080 P_r + 82 : \text{Untuk Jalan Penghubung (Trunk)}$$

$$S = 0.091 P_r + 42 : \text{Untuk Jalan Tempatan dan perkampungan dan}$$

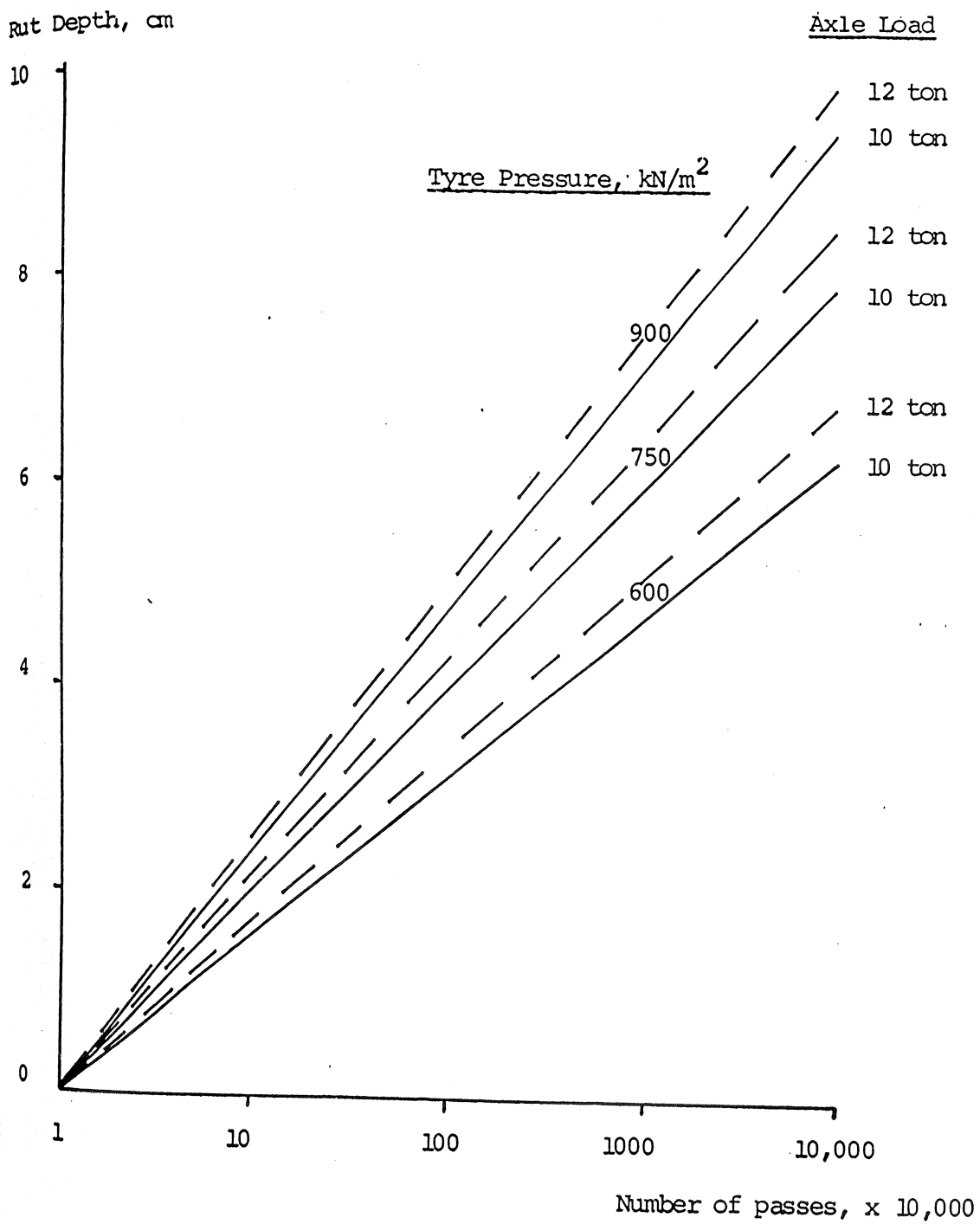
$$P_o = P_r/S$$

dimana: P_r = beban satu roda (untuk 2 roda, beban ialah $2 P_r$)

$$S = \text{luas sentuhan (cm /roda)}$$

$$P_o = \text{tekanan statik atau sentuhan (kg/cm)}$$

Dalam kajian yang berasingan Downes dan Gooswilligen berjaya menemui pengaruh tekanan tayar ke atas keperluan ubah bentuk, seperti yang ditunjukkan dalam rajah 3.2



Rajah 3.2 : Pengaruh tekanan tayar kenderaan keatas rintangan terhadap perpaluhan. (Dari Downes dan Gooswilligen, 1990)

3.4.1.3 Isipadu Trafik dan Taburannya.

Sudah bertahun-tahun isipadu trafik telah diukur/kira secara manual atau menggunakan alat-alat pengira automatik dikebanyakan negara. Berhubung dengan rekabentuk turapan dan fenomena ubah bentuk permukaan akibat trafik cuma kenderaan perdagangan atau secara khususnya lori sahaja faktor yang dipertimbangkan.

Definasi kenderaan berat berbeza dari satu negara ke negara yang lain. Komposisi tepat kenderaan berat masih sukar ditentukan tanpa membuat kajian terperinci atau menggunakan jambatan timbang.

3.4.1.4 Masa, Mod dan Kadar Ulangan Beban.

Fenomena ubah bentuk plastik bergantung kepada tempuh beban dikenakan, kesanya meningkat dengan pertambahan masa. Kes-kes yang ketara ialah dikawasan meletak kenderaan, lorong mendaki dan lorong khas untuk kenderaan awam (tiada di Malaysia)

Nisbah kuasa/berat ada kesan yang jelas terhadap halaju, maka kaitanya ialah di kawasan mendaki. Pertukaran gear menghasilkan tegasan tangential tambahan di atas permukaan turapan dimana ini menyebabkan kesan perpaluhan.

3.4.2 Keadaan Alam Sekitar

Perubahan suhu udara serta hujan ribut adalah merupakan dua faktor cuaca yang mempengaruhi ubah bentuk turapan asphalt atau kesan-kesan ubah bentuk terhadap keselesaan pengguna.

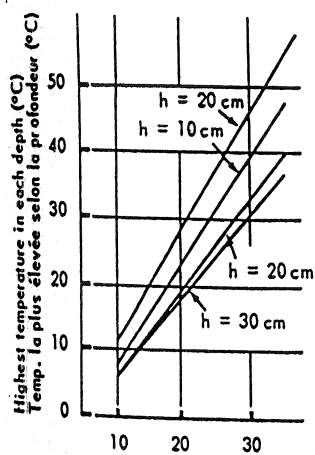
3.4.2.1 Suhu

Suhu memberi kesan terus kepada permukaan turapan dan juga mempengaruhi lapisan-lapisan di bawahnya. Bahan asphalt berwarna hitam, oleh itu mudah menyerap haba. Tetapi ia mempunyai sifat-sifat penyaluran haba (*thermal conductivity*) yang rendah. Suhu yang tinggi dan tempuh dedaumannya kepada cahaya matahari adalah amat penting ke arah pembentukan perpindahan. Berikut ialah sebahagian data-data yang diperolehi dari kajian-kajian terdahulu. Suhu permukaan selalunya jarang melebihi 50°C, kecuali dalam keadaan cuaca yang terlalu panas mungkin mencapai 60°C. Beberapa sm dari permukaan turapan (1.5 sm - 5.0 sm) suhu umumnya antara 45°C dan 50°C. Dalam projek ini suhu 45°C digunakan semasa ujikaji *whell tracking*.

Kedalaman Pavmen (sm)	Suhu Pavmen °C			
	Perancis	Selatan Perancis	German	Itali
0	50	55	45	54
4	45 – 50	50 – 55	–	–
5	–	–	42	–
8	40 – 45	45 – 50	–	–
10	–	–	35	27
17	–	–	–	21
18	35	40	–	–
25	–	–	28	–
52	–	–	–	18
55	–	–	20	–

Dari OECD Report, Mei 1975

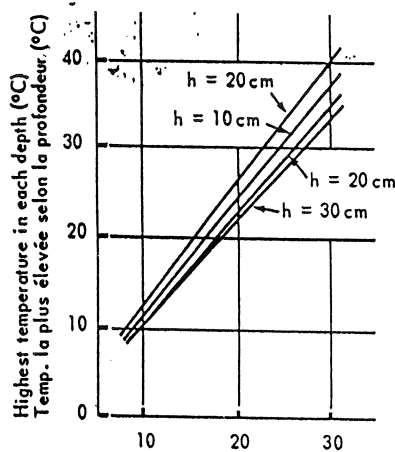
Jadual 3.1 : Hubungan suhu pavmen dengan kedalaman



Day's highest atmospheric temp.

(°C)

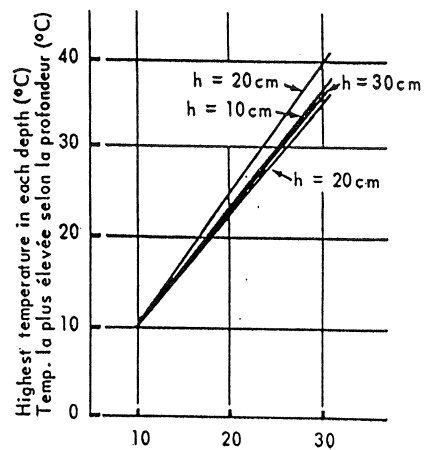
In fine weather



Day's highest atmospheric temp.

(°C)

In cloudy weather



Day's highest atmospheric temp.

(°C)

In rainy weather

Rajah 3.3 : Hubungan antara suhu atmosfera dengan suhu pavmen (Jepun)

3.4.2.2 Hujan

Tempuh dan masa hujan memberi kesan kepada suhu permukaan jalanraya (lihat rajah di atas). Apabila perpaluhan terbentuk, air hujan akan membahayakan pengguna jalanraya kerana licin dan percikan air.

3.4.3 Faktor-faktor Lain

3.4.3.1 Sifat Geometrik Jalan dan Aliran Menumpu (*Channelisation*)

Keratan rentas jalanraya menentukan taburan trafik dilorong-lorong jalanraya terutamanya kepada kenderaan berat. Kajian di Jepun bagi jalanraya satu arah yang ada tiga lorong, taburan 10 tan gandar adalah seperti berikut;

Lorong trafik normal : 87%

Lorong memotong pertama : 12%

Lorong memotong kedua : 1%

Bagi dua lorong satu arah, nilai 94% untuk lorong normal dan 6% untuk lorong memotong.

Ada faktor geometrik jalan lain yang mempengaruhi pembentukan perpaluhan. Kawasan-kawasan di mana kenderaan memecut dan menyahpecut memberi kesan tegasan tengen tambahan kepada permukaan jalanraya dan ini meningkatkan beban pugak. Ini berlaku khususnya di kawasan mendaki dan selekoh (*curve*) di mana kenderaan berat lalu secara menumpu (*channelise*) dan ia menjadi lebih penting apabila lorong kenderaan bertambah sempit.

Juga diperhatikan bahawa apabila perpaluhan terbentuk, kenderaan akan lebih gemar melalui lorong perpaluhan itu, seterusnya ini akan mempercepatkan lagi fenomena itu.

Zon perpaluhan ini jugalah yang terjejas sekali oleh kesan tumpahan minyak dan bahan lain. Pekara ini dijelaskan di tajuk yang berikutnya.

Perpaluhan juga didapati berlaku berhampiran dengan persimpangan yang berlampu isyarat atau tidak berlampu dan juga diperhentian bas. Fenomena perpaluhan juga ditemui di kawasan meletak kenderaan atau ditempat lori berhenti.

3.4.3.2 Pengaruh Tumpahan Minyak Ke atas Pavmen.

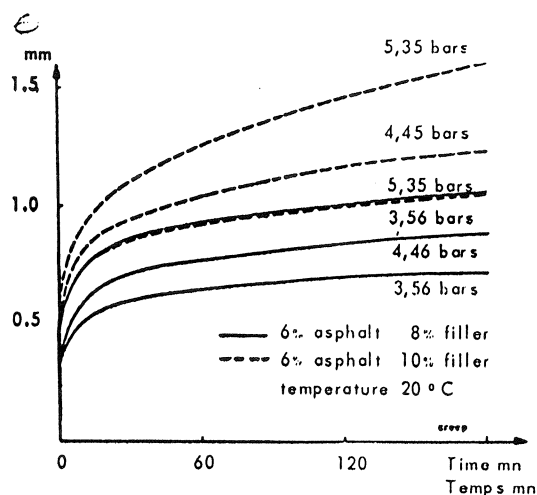
Kesan yang merosakan akibat tempuhan /kebocoran minyak dan bahan api dari kenderaan yang bergerak telah dibuat kajian di Sepanyol. kajian ini ialah untuk mencari punca kenapa perpaluhan terjadi di Puerto de Barazar, dekat Bilbao (OECD). Penemuannya ialah; lori yang datang dari Pelabuhan Bilbao mengalami kebocoran minyak dan bahan api semasa mendaki cerun curam jalanraya. Nilai penusukan (*penetration*) bagi pengikat semasa di hampar adalah 76pen, tetapi ujian yang dijalankan kemudiannya menunjukkan peningkatan ke 116pen. Ini bermakna, minyak yang tumpah itu menyebabkan pengikat menjadi lebih lembut dan memudahkan terbentuknya perpaluhan.

Bahagian ini menumpukan perbincangan terhadap faktor-faktor luaran yang mempengaruhi pembentukan perpaluhan. Kita haruslah peka terhadap faktor-faktor ini apabila membincangkan mengenai perubahan bentuk kekal.

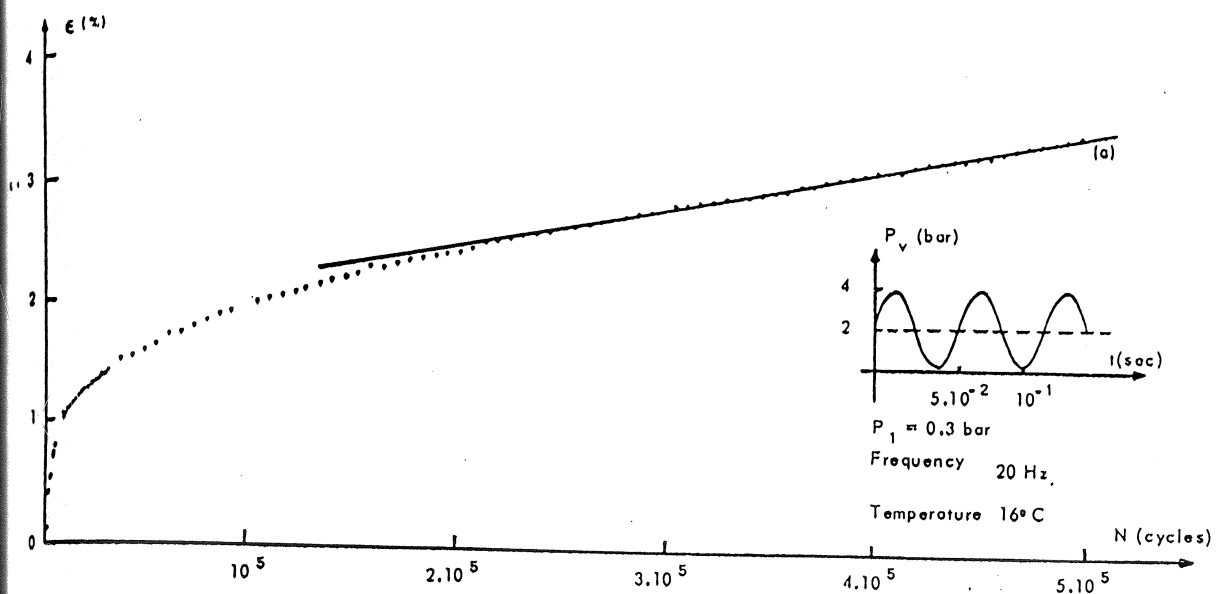
3.5 Rintangan Terhadap Perpaluhan

Perpaluhan bagi campuran berbitumen adalah akibat daya mampatan dari kenderaan dan ubah bentuk plastik. Secara umumnya rintangan terhadap perpaluhan boleh dinilai/ukur berdasarkan ujikaji statik atau dinamik. Ujikaji-ujikaji ini memberikan ciri-ciri seperti lengkung rayapan statik (*statik creep curve*) beban statik, rajah 3.4, lengkung rayapan dinamik akibat beban berulang (Rajah 3.5), lengkung perpaluhan akibat beban roda bergerak (Rajah 3.6) atau melalui keputusan ujikaji kekuatan seperti lengkung beban/perpaluhan diterbitkan dari ujikaji *splitting tensile*, *triaxial compression test* dan ujikaji mampatan mudah.

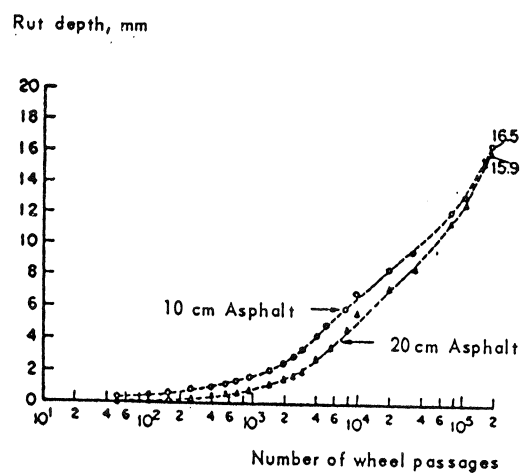
Interpretasi ujikaji-ujikaji di atas kebanyakannya adalah bersifat empirikal, berdasarkan prinsip perbandingan secara kualitatif bagi beberapa campuran yang diuji. Ini membolehkan dikaji hubungan empirikal antara komposisi campuran, sifat-sifat mekanikal campuran dan rintangan terhadap perpaluhan.



Rajah 3.4 : Lengkung rayapan statik (mampatan)



Rajah 3.5 : Lengkung rayapan dinamik (mampatan triaxial)

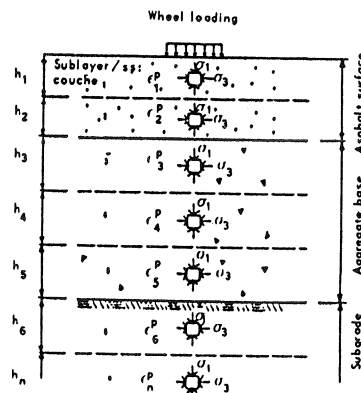


Rajah 3.6 : Lengkung rayapan dinamik (30°C), beban bergerak.

3.6 Kaedah Mengira Perpaluhan

Sesetengah pengarang mengira perpaluhan berdasarkan kepada taburan tegasan dalam sistem elastik, turapan yang terdiri dari pelbagai lapisan dipecahkan kepada elemen-elemen berbentuk prism. Setiap elemen mengalami tegasan yang tersendiri (Rajah 3.7). Jumlah mendapan bagi setiap elemen memberikan nilai ukur dalam perpaluhan. Persamaan umumnya diberikan seperti berikut:

Rajah 3.7



$$\delta p \sum_{i=1}^{j=k} \epsilon_{pi} h_i$$

di mana δp = Jumlah kedalaman perpaluhan

ϵ_{pi} = mendapan unitari dalam lapisan ke i

h_i = ketebalan lapisan i

k = bilangan lapisan

Perkiraan boleh dibuat dengan program komputer (*computer software*) yang terdapat di pasaran sekarang. Tetapi penyelidikan yang sistematik masih diteruskan untuk mencipta atau memperbaiki kaedah-kaedah tersebut

disamping mengkaji kelakuan bahan-bahan jalanraya apabila dikenakan beban berulang-ulang.

Secara umumnya perubahan bentuk kekal bagi bahan jalanraya boleh dikatakan hasil darab 2 fungsi iaitu:

$$\epsilon_p = f(s) \cdot F(n)$$

di mana $f(s)$ = fungsi tegasan yang dicirikan oleh magnitudnya.

$F(n)$ = fungsi bilangan beban berulang.

Sebagai contoh Barksdale (14) memberikan persamaan berikut:

$$\epsilon = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3) / K^{\sigma_3 m}}{1 - \frac{(\sigma_1 - \sigma_3) R_f}{2(c \cos \phi + \sigma_3 \sin \phi)} (1 - \sin \phi)}$$

di mana c = kejelekitan

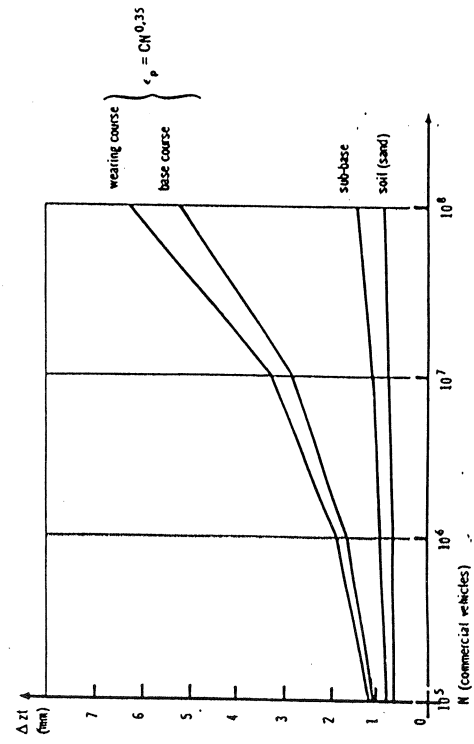
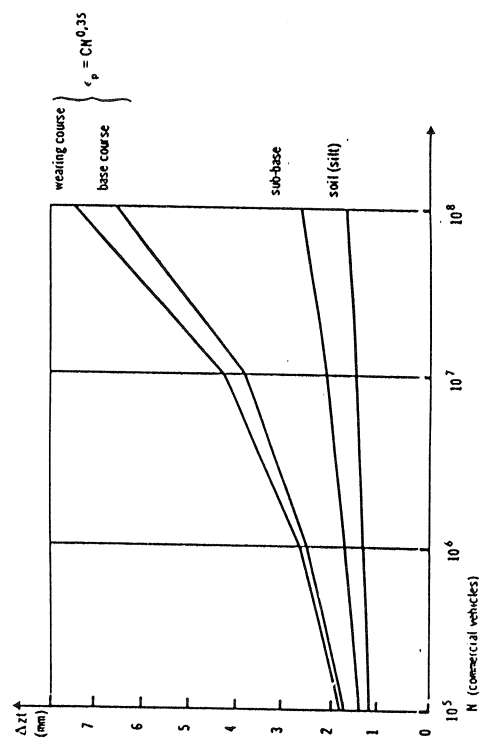
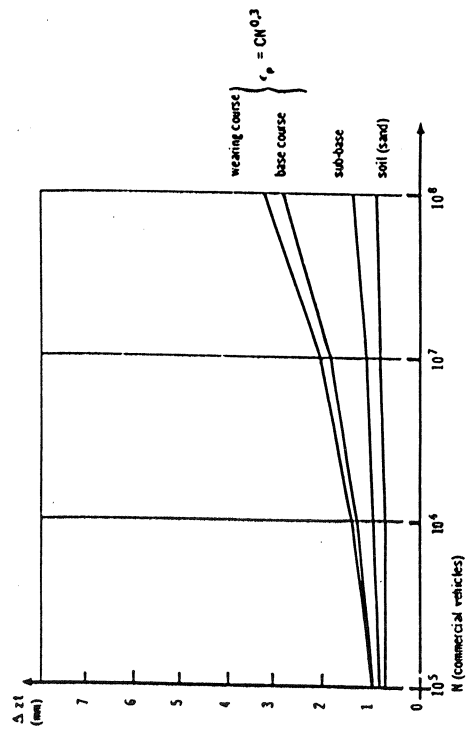
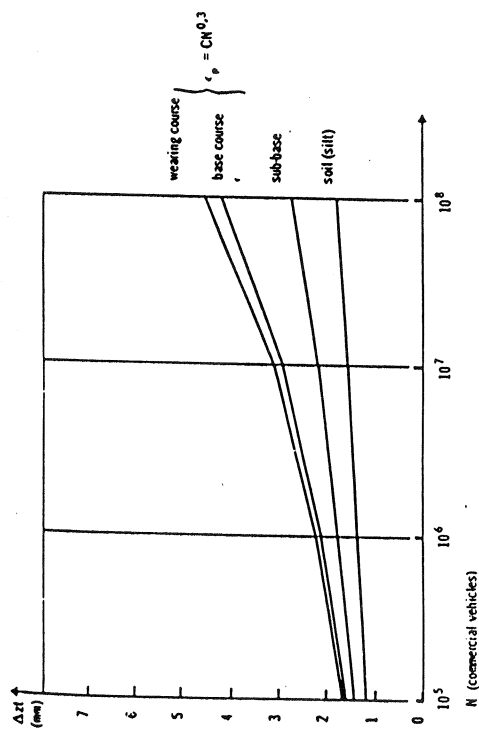
ϕ = sudut geseran dalam

R_f = nisbah antara perpaluhan diberi dengan perpaluhan yang terbentuk pada masa gagal akibat riceh.

$K^{\sigma_3 m}$ = Modulus tidak lurus bagi bahan

σ_1 & σ_3 = tegasaan utama (maksima dan minima)

Formula ini diasaskan kepada ujikaji beban statik oleh kondner, Duncan dan Chang (1963). Rajah 3.8 menunjukkan contoh keputusan menggunakan prosedur perkiraan di atas dan mewakili ukur dalam perpaluhan bagi struktur jalanraya berbitumen. Taburan beban gandar adalah bagi keadaan di Belgium.



Rajah 3.8 :Keputusan perkiraan ukur dalam perpindahan

BAB EMPAT

BAB 4 PENILAIAN UBAH BENTUK KEKAL

4.1 Pengenalan

Pengetahuan tentang sifat-sifat bahan-bahan yang digunakan dalam lapisan struktur turapan merupakan asas dalam menentukan ciri-ciri ubah bentuk plastik. Ujikaji makmal telah digunakan dengan meluas dalam banyak penyelidikan dan ini telah menghasilkan satu pemahaman asas mengenai sifat dan kelakuan campuran asfalt.

Ada dua aspek penting tentang sifat-sifat bahan yang berkaitan dengan rekabentuk campuran. Pertama ialah ubah bentuk akibat tindakan beban atau ciri-ciri tegasan terikan yang diperlukan untuk analisis struktur pavmen. Kedua ialah ciri-ciri prestasi atau keupayaan yang menentukan mod kegagalan. Kriteria utama menentukan kelakuan atau keupayaan campuran ialah keretakan lesu dan ubah bentuk kekal.

Secara idealnya, sifat-sifat mekanikal bahan di tapak perlu diketahui untuk tujuan rekabentuk turapan yang baik, walau bagaimanapun dalam kebanyakan kes ujikaji di tapak sepenuhnya (*full-scale test*) adalah tidak pratikal. Oleh itu jurutera perlu bergantung kepada ujikaji-ujikaji makmal. Ujikaji di makmal ini cuba simulasikan keadaan yang dijangkakan (*anticipated*) serupa atau sehampir yang boleh dengan di tapak, seperti suhu, masa bebanan, keadaan tegasan, tahap mampatan dan lain-lain. Sungguh pun begitu keadaan di tapak sebenarnya berubah-ubah maka pemilihan keadaan ujikaji yang bertepatan adalah amat sukar.

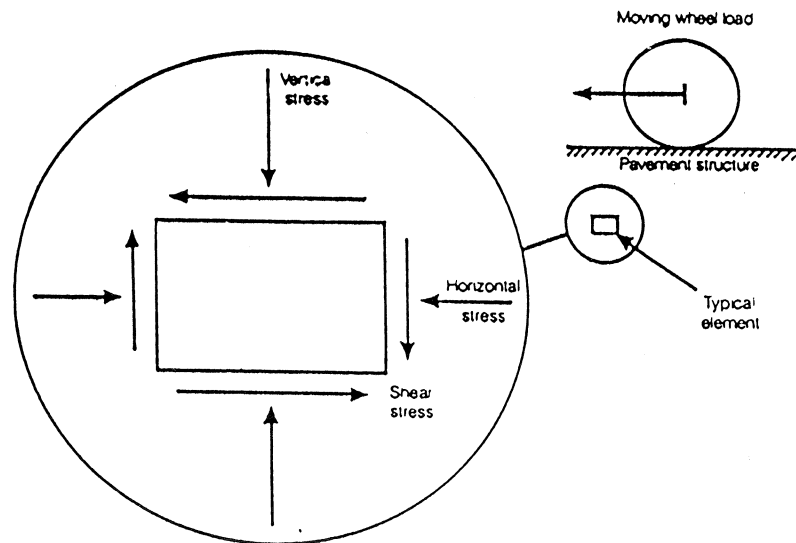
Dalam makmal keadaan tegasan yang hendak dihasilkan supaya serupa dengan di tapak adalah sukar. Apabila beban roda melalui satu elemen, tegasan yang di alaminya berubah mengikut masa, seperti ditunjukkan dalam rajah 4.1 dan rajah 4.2

Pelbagai ujikaji telah diperkenalkan bagi membolehkan aspek-aspek tertentu ciri tapak di hasilkan. Ujikaji-ujikaji ini boleh di bahagikan kepada tiga kumpulan utama:

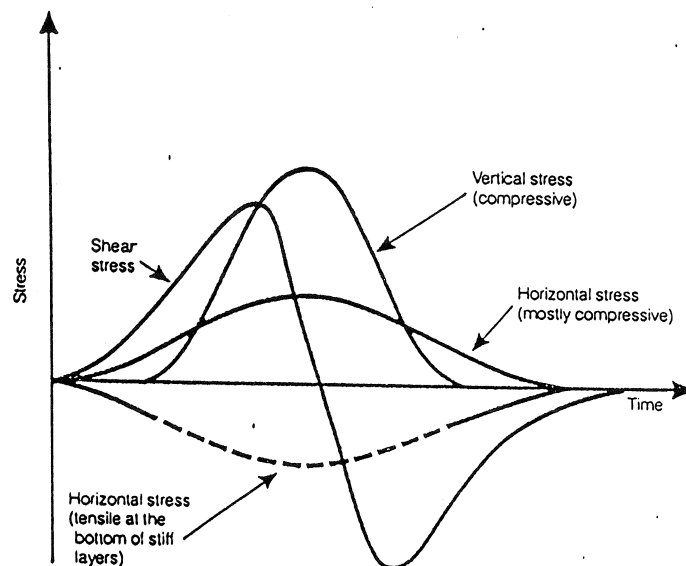
- i) *Fundamental*
 - a) *Repeated load triaxial test.*
 - b) *Unconfined static uniaxial.*
 - c) *Repeated Load indirect tensile test.*
 - d) *Dynamic Stiffness and Fatigue tests.*
- ii) *Simulative.*
 - a) *Wheel Tracking Test.*
- iii) *Empirical.*
 - Mashall test*

Pelbagai jenis ujikaji telah digunakan dikebanyakan negara untuk menganggar ketahanan campuran terhadap ubah bentuk kekal.

Satu kumpulan ujikaji ialah yang bersifat tradisional, ia telah digunakan sejak bertahun-tahun untuk merekabentuk campuran. Tujuannya ialah untuk memastikan rintangan yang baik terhadap ubah bentuk, rintangan terhadap



Rajah 4.1 : Tegasan pada elemen dalam turapan⁽¹⁷⁾



Rajah 4.2 : Tegasan yang terhasil akibat beban bergerak⁽¹⁷⁾

ketuaan dan rintangan terhadap air. Kesahihan ujikaji ini boleh dipertikaikan kerana tegasan mekanikal yang dikenakan adalah berlainan dari yang dialami

ditapak (turapan) di mana asal berlakunya ubah bentuk kekal. Lagi pun ujikaji-ujikaji ini menentukan ciri-ciri kegagalan, walhal fenomena ubah bentuk kekal adalah akibat dari perlonggokan ubah bentuk plastik, tanpa mengalami kegagalan. Seperkara lagi, ujikaji ini hanya menganggar rintangan campuran bitumen terhadap ubah bentuk berasaskan hubungan empirikal (umumnya tidak bersifat kuantitatif) antara keputusan ujikaji dan kelakuan sebenar turapan.

Kumpulan yang satu lagi ialah kelas ujikaji baru, khusus direkabentuk untuk menganggar ketahanan campuran bitumen terhadap ubah bentuk kekal. Ujikaji ini digunakan khas untuk tujuan penyelidikan, sebahagiannya telah digunakan untuk merekabentuk campuran dan ada yang dalam peringkat penyusunan akhir.

Akhirnya, adalah difikirkan perlu untuk menyemak keputusan ujikaji makmal dengan ujikaji sepenuh (skala lengkap) di tapak turapan bagi menentukan kesahihan ujikaji-ujikaji makmal tersebut.

4.2 UJIKAJI PIAWAI TRADISIONAL

4.2.1 Ujikaji Marshall

Ujikaji ini adalah yang paling luas digunakan untuk merekabentuk campuran bitumen. Dari 13 negara yang dikaji cuma 2⁽¹⁴⁾ sahaja yang tidak menggunakan ujikaji Marshall dalam merekabentuk campuran mereka. Di kebanyakan negara kaedah pengawalan kualiti campuran juga menggunakan ujikaji Marshall di tapak bina.

Dalam ujikaji ini, spesimen campuran panas berbitumen dipadatkan dengan penukul dan diletakan pada alat khas untuk dikenakan daya tekanan dibahagian sisi bulatannya. Beban dikenakan pada kadar peningkatan yang tetap. Nilai beban yang dicatatkan semasa sampel retak atau gagal ialah nilai kestabilan Marshall dan ubah bentuk pugak akibat tindakan beban ini ialah nilai lekukan Marshall. (*Marshall stability & flow value*).

Kriteria yang digunakan untuk menganggar rintangan terhadap ubah bentuk plastik ialah:-

i) Ciri-ciri kegagalan ujikaji ialah;

- kestabilan Marshall, di mana mesti di atas nilai minima, bergantung kepada keadaan trafik.
- Nilai lekukan Marshall, di mana mesti berada dalam had tertentu.

ii) Ciri-ciri mampatan sampel ujikaji.

Nisbah lompong campuran bitumen yang telah dipadatkan mengikut kaedah Marshall harus berada dalam had yang tertentu. Ada negara menambah kriteria berhubung dengan nisbah lompong bagi batu baur dan ada juga negara menetapkan had atasnya ialah peratus lompong dalam batu baur yang dipenuhi oleh bitumen.

Nisbah lompong maksima selalunya ditetapkan, ia bertujuan untuk memastikan kedap dan rintangan terhadap air disamping mempunyai ciri-ciri mekanikal yang baik.

Nisbah lompong ini bukan sahaja mesti berada di atas nilai minima semasa jalan baru dibuka kepada kenderaan tetapi juga mesti kekal di atas nilai minima semasa jalanraya dalam keadaan khidmat, iaitu akibat tindakan beban roda kenderaan.

4.2.2 Ujikaji LCPC (atau ujikaji Duriez)

Ujikaji ini hanya diamalkan di Perancis. Tujuannya ialah untuk menentukan kekuatan mampatannya dan rintangan terhadap hakisan (*stripping*) dibawah tindakan air. Campuran sampel berbentuk selinder dikenakan mampatan secara tekanan statik 120 bar selama 5 minit. Ia dipadatkan pada suhu yang berbeza-beza (0°C, 18°C, 50° C) pada kadar 1 mm/saat.

Kekuatan mampatan pada suhu 50°C digunakan untuk mengganggu rintangan sampel terhadap ubah bentuk plastik. Perbandingan dengan kekuatan mampatan pada 18°C menandakan bahan adalah peka terhadap perubahan suhu. Walaupun rintangan terhadap pecah (*rupture*) adalah sangat berbeza dari rintangan terhadap pertambahan ubah bentuk, tetapi secara implisitnya di anggapkan ada hubungan atau kaitan antara kedua-dua ciri-ciri tersebut.

4.3 UJIKAJI-UJIKAJI BARU

Terdapat beberapa jenis peralatan untuk ujikaji simulatif, samada dalam bentuk skala kecil (model) atau skala penuh. Di antaranya ialah:-

4.3.1 Ujikaji Beban Tunggal (*Splitting Tensile Test*)

Ujikaji ini diamalkan di Belgium⁽¹⁴⁾. Ujikaji ini menggunakan spesimen berbentuk selindar yang rata di bahagian atas dan bawah nya, sama seperti sampel yang ditebuk dari lapisan permukaan jalanraya. Ujikaji dijalankan pada kelajuan di mana perubahan bentuknya tetap/malar sehinggalah berlakunya kegagalan. Beban dan perubahan bentuk pugak pada masa kegagalan diukur (ini membolehkan nilai kekukuhan nya dikira). Ia digunakan sebagai ujikaji pengawalan kualiti. (kesan rekabentuk campuran, jenis pengikat, kandungan lompong, air yang berada dalam lompong, kaedah mamapatan dan lain-lain). Ia membolehkan kajian mengenai berbagai variasi dalam ciri-ciri yang berkaitan dengan sifat mekanikal campuran yang visco-elastik sebagai fungsi kepada suhu.

Keputusan ujikaji pada suhu 45°C dikaitkan dengan rintangan turapan asfalt terhadap ubah bentuk kekal (perpaluhan) dibawah tindakan beban dari kenderaan. Sementara keputusan ujikaji pada suhu -10°C pula dikaitkan dengan rintangan terhadap keretakan. Semua ujikaji ini dijalankan pada suhu antara -10°C dan +45°C dan boleh dijalankan dengan menggunakan alat yang dibina oleh Pusat Penyelidikan Jalanraya Belgium.

4.3.2 Ujikaji Rayapan (Creep)

Dalam ujikaji jenis ini, perubahan bentuk yang berlaku dalam suatu tempuh masa di bawah tindakan beban malar, ditentukan sebagai fungsi kepada beban dan suhu.

Ujikaji boleh dijalankan dengan beban yang agak kecil, perlakuan campuran boleh dianggap sebagai linear. Oleh itu teori *visco-elastic* lurus boleh digunakan.

Untuk menganggar rintangan terhadap ubah bentuk kekal ujikaji ini dijalankan dengan beban yang agak besar, berpadanan dengan kelakuan campuran yang tidak linear. Ujikaji dalam kategori ini adalah berasaskan kepada fakta-fakta, iaitu pada suhu dan beban tertentu, perubahan bentuk akan berhenti selepas suatu tempoh masa, tetapi pada nilai beban yang lebih tinggi ubah bentuk akan terus menerus berlaku selepas suatu tempoh yang agak lama.

Terdapat perbezaan dikalangan negara-negara yang mengamalkannya.

- (i) Ujikaji rayapan dengan mampatan mudah.
- (ii) Ujikaji rayapan dengan tegasan riceh.

Walau bagaimana pun terdapat beberapa kelemahan dalam ujikaji ini seperti berikut:

- i) Ia memakan masa yang lama.
- ii) Ia berkait hanya pada sebahagian aspek tertentu masalah yang dihadapi dalam praktik, fenomena rayapan sebagai contoh berlaku akibat dari kenderaan berat yang berhenti.
- iii) Ia selalu dijalankan tanpa menyediakan halangan sisi.

Ujikaji-ujikaji ini jarang diamalkan dikebanyakan negara dan ia selalunya digunakan untuk tujuan penyelidikan.

4.3.3 Ujikaji Simulatif Menggunakan Beban Bergerak (Wheel Tracking Test)

Ujikaji jenis ini digunakan dikebanyakan negara dalam kerja-kerja penyelidikan. Dalam kes penyelidikan yang tertentu atau khusus ia juga digunakan di beberapa negara untuk mereka bentuk campuran konkrit berasfalt.

Ujikaji ini meniru kesan tindakan roda kenderaan ke atas lapisan permukaan jalanraya. Di dalam semua ujikaji-ujikaji yang diterangkan di atas menganggap trafik yang melalui permukaan jalanraya tidak menyebabkan kesan perlucutan (*stripping*), pada keadaan yang sebenarnya tayar kenderaanlah yang memberi kesan utama terhadap hakisan. Ujikaji yang cuba simulasikan kesan trafik ini dinamakan ujikaji Wheel Tracking -rendaman.

Ujikaji ini dijalankan oleh TRRL, United Kingdom, ia yang terdiri dari tiga tayar getah pejal yang melalui di atas permukaan specimen bitumen, specimen tersebut berada dalam rendaman air yang bersuhu (selalunya) 40°C.

Roda tersebut bergerak berulang-alik dengan kekerapan 25 pusingan seminit. Setiap roda memberikan beban galas sebesar 20 kg ke atas specimen. Specimen diletakkan secara mendatar di dalam air supaya permukaan air berada di atas specimen, menenggelamkannya sedikit. Sampel bitumen macadam dipadatkan ke dalam acuan mengikut piawaian yang telah ditetapkan dan dibiarkan (*cure*) untuk suatu tempuh sebelum direndamkan bagi menjalankan ujikaji. Kriteria yang digunakan untuk mengukur stripping ialah tempuh masa yang diambil untuk berlakunya kegagalan.

mengukur stripping ialah tempuh masa yang diambil untuk berlakunya kegagalan.

Telah didapati bahawa ada kaitan antara kegagalan perlucutan (*stripping*) di permukaan jalanraya dengan perlakuan bahan dalam ujikaji wheel tracking rendaman.⁽¹²⁾ Kajian terhadap tunjukbalas jenis batubaur menunjukkan berbagai keputusan/variasi masa kegagalan dengan kadar berulang kira-kira 30% masa kegagalan min (purata). Satu lagi kajian ialah kesan kelikatan bitumen terhadap masa kegagalan ia menunjukkan hubungan lurus antara log kelikatan dan masa kegagalan min. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi masa kegagalan ialah:

- i) Bentuk batubaur
- ii) Saling kunci mengunci antara batubaur
- iii) Kelikatan bitumen
- iv) Penyediaan sampel.

Ujikaji *wheel tracking* sebagai kaedah menilai ketahanan terhadap perpaluhan:-

Szatkowski⁽¹²⁾ telah menjalankan kajian mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan campuran terhadap ubah bentuk kekal di Makmal Penyelidikan dan Pengangkutan Jalanraya (TRRL), London. Kajiannya tertumpu kepada kesan bahan-bahan yang digunakan dalam campuran terutamanya bahan pengikat dan komposisi bahan tersebut terhadap kekuatan rintangan terhadap perpaluhan, kerana perubahan bentuk plastik merupakan faktor utama menghadkan usia lapisan bitumen.

Daripada ujikaji Wheel Tracking yang telah beliau jalankan keputusan-keputusan berikut telah diperolehi dan tunjukan dalam rajah 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.6 dan jadual 4.1. Rajah 4.3 menunjukkan perubahan ketahanan *rolled asphalt* yang mengandungi 30% batu dengan menggunakan jenis-jenis pengikat dan pengisi yang berbeza-beza.

Tahap keupayaan yang diperlukan bagi lapisan permukaan ialah pembentukan perpaluhan 1/2 mm setahun, oleh itu bagi tempuh usia rekabentuk selama 20 tahun, 10 mm perpaluhan akan terbentuk. (had penyelenggaraan dikebanyakan negara).

Dari kajian TRRL yang terdahulu, terdapat kaitan yang baik antara perpaluhan dijalanraya dengan keputusan ujikaji makmal wheel tracking, maka dihasilkan hubungan-hubungan di bawah:

$$d = \frac{1400}{N + 100}$$

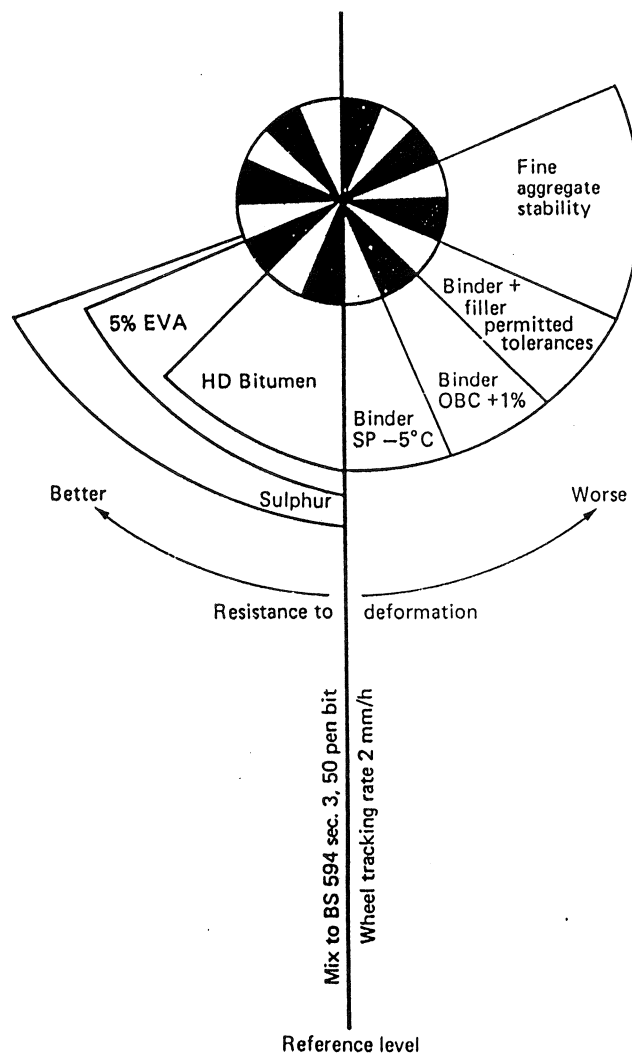
di mana :

d = kadar wheel tracking dalam mm/jam pada 45°C

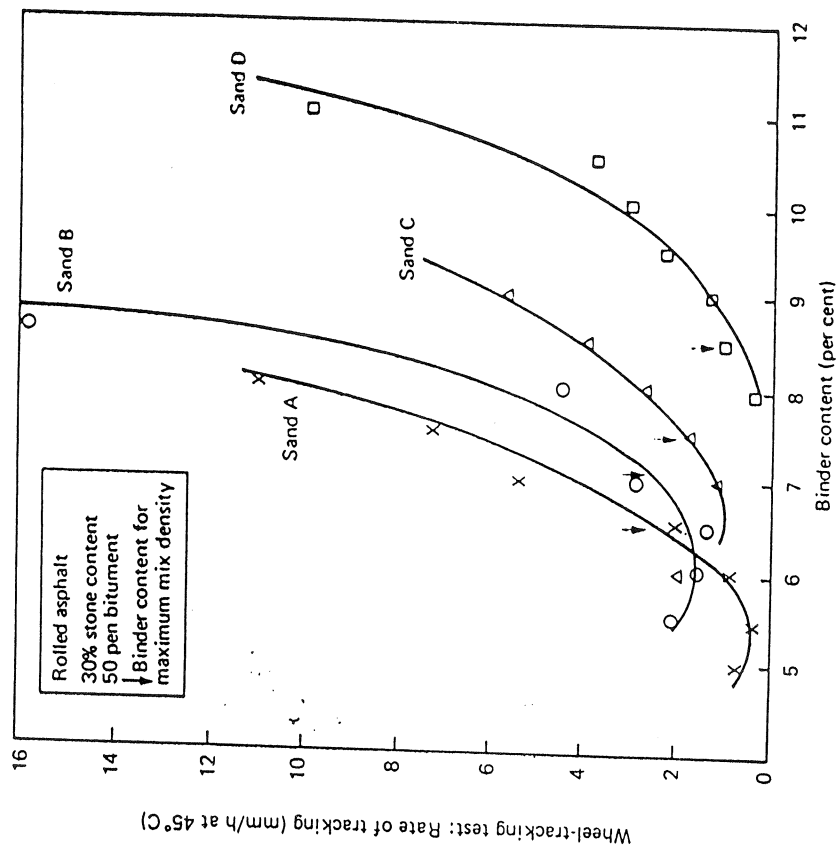
N = Purata bilangan kenderaan Perdagangan sehari selorong.

Rajah 4.3 : menunjukkan faktor-faktor yang mempengaruhi rintangan terhadap ubah bentuk bagi asphalt tergelek yang mempunyai kandungan 30% batu (setiap segmen dalam bulatan menunjukkan perubahan kestabilan sebesar faktor 2)

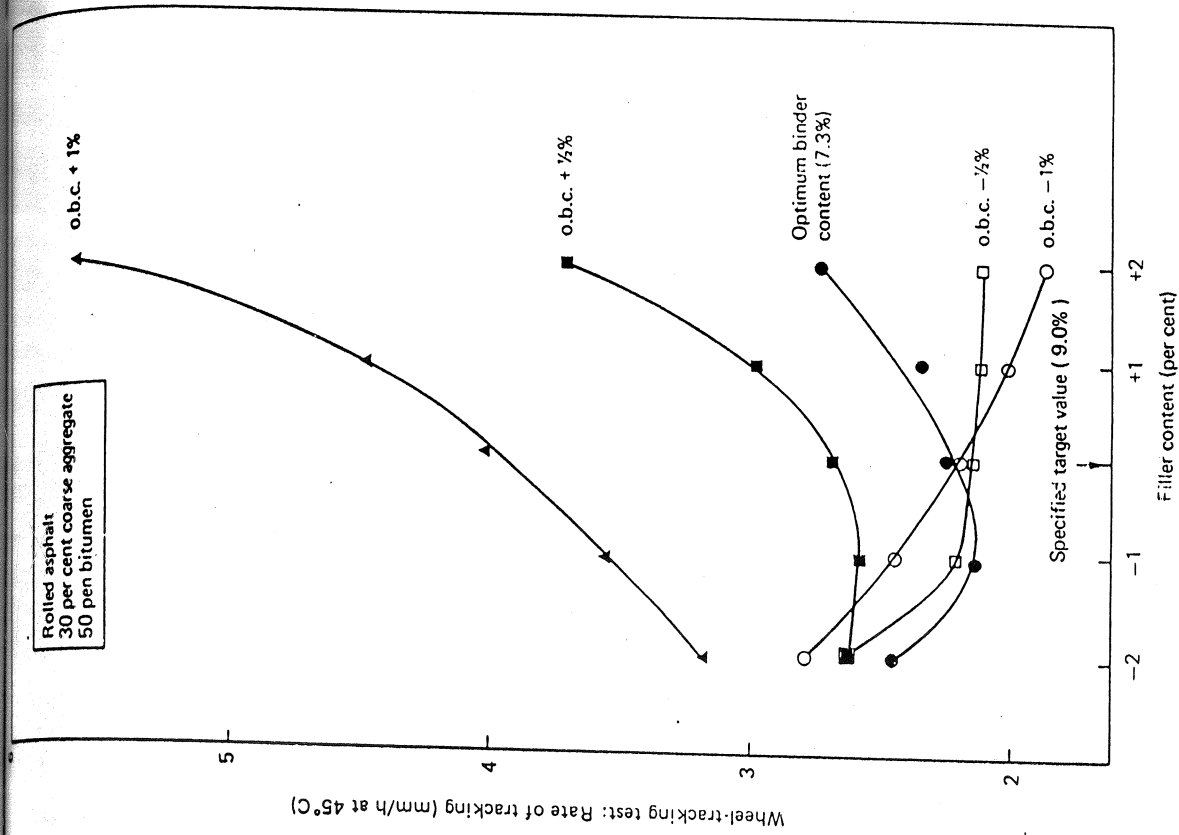
Rajah 4.4 menunjukkan perubahan bentuk yang diperolehi dalam ujikaji makmal Wheel Tracking menggunakan 4 jenis pasir yang berlainan tetapi masih mematuhi keperluan taburan zarah BS594. Sementara Rajah 4.5 menunjukkan perubahan kadar perpaluan berbanding kandungan pengisi. Maka dapat disimpulkan disini bahawa banyak faktor yang mempengaruhi ubah bentuk sesuatu campuran berbitumen itu.



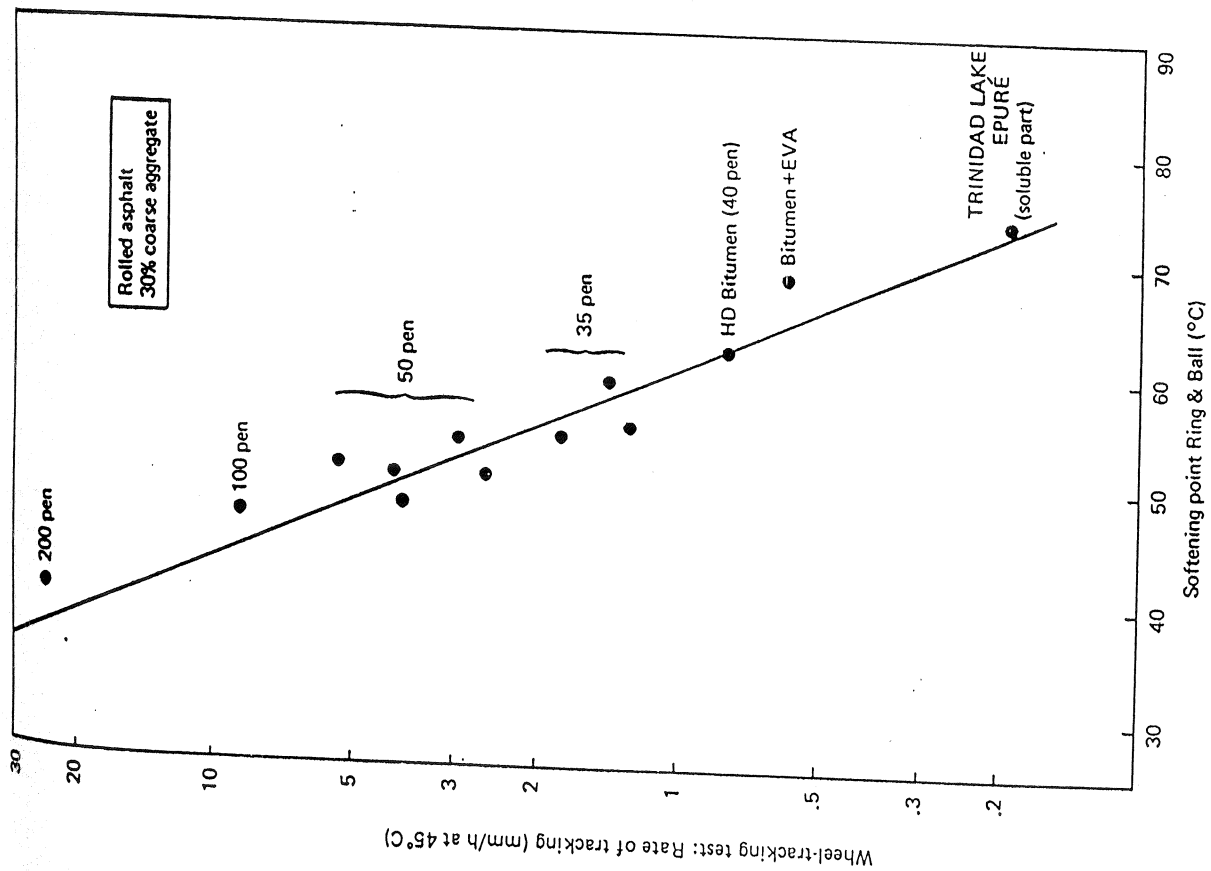
Rajah 4.3 : Faktor-faktor yang mempengaruhi rintangan ubah bentuk bagi asfalt tergelek (30% kandungan batu, pada setiap segmen kekukuhannya berubah sebesar faktor 2.



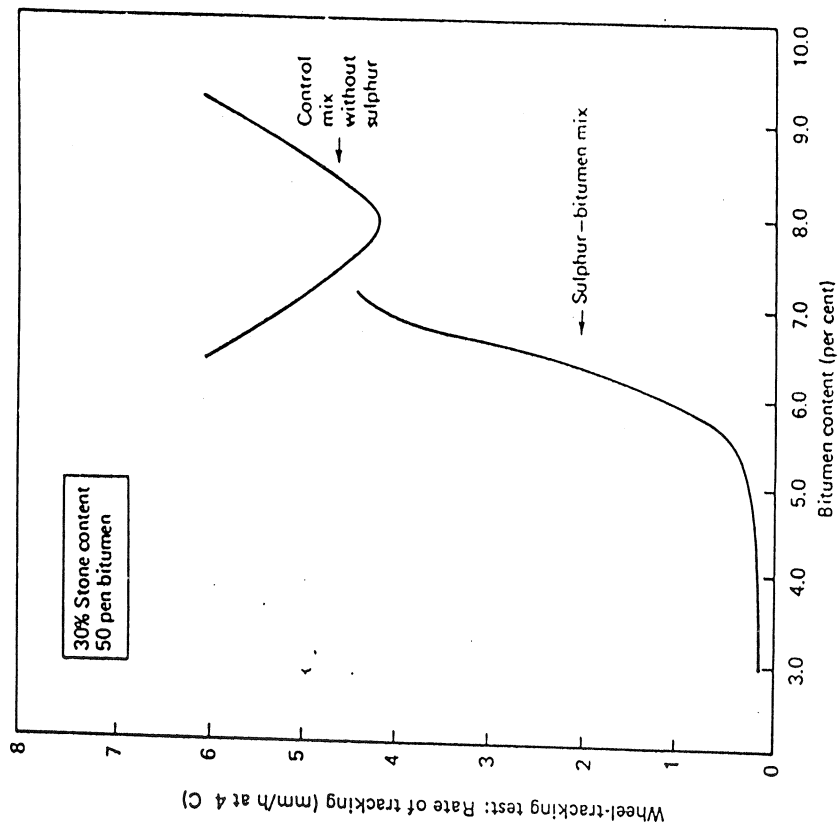
Rajah 4.4 : Kesan kandungan pengikat keatas rintangan terhadap perpaluhan



Rajah 4.5 : Kesan kandungan pengikat dan pengisi keatas rintangan terhadap perpaluhan



Rajah 4.6 : Kesan titik lembut pengikat keatas rintangan terhadap perpaluhan



Rajah 4.7 : Rintangan terhadap perpaluhan bagi asfalt tergelek dengan 5% sulfur pada kandungan pengikat yang berlainan

Characteristics of low-stone-content rolled-asphalt wearing course
with the stability necessary to give rutting rate on road of less than 1 mm/year

Traffic intensity comm veh/day/lane not exceeding	Minimum Requirements					Binder	
	Max tracking rate mm/h at 45°C	Marshall stability of sand asph kN	Marshall stability allowing for compositional tolerances, kN	Binder content by	Fine aggregate quality*	Minimum R&B SP °C	Nearest commercial grade
No significant comm traffic	32	-	-	Recipe	Most natural sands conforming to BS 594	43	70 pen
750	16	1.5	2.1	Recipe	Stable	47	50 pen
1500	8	2.1	3.1	Design	Average	52	35 pen
3000	4	3.1	4.6	Design	Unstable	57	50 pen
6000	2	4.6	6.5	Design	Stable	52	35 pen
> 6000	< 2	6.5	> 6.5	Design	Average	57	HD
Sites with exceptionally heavy and canalised traffic	< 1	> 6.5	> 7.5	Design	Unstable	62	HD or Additive
					Stable	67	HD
					Average	-	Special binders or additive
					Unstable	-	-

* The quality of fine aggregate is defined in terms of Marshall stability of the sand/filler/binder system with bitumen of SP 520C:
Stable: 5.5 kN, Average: 4.0 kN, Unstable: 2.8 kN

Jadual 4.1 : Ciri-ciri lapisan permukaan asfalt tergelek (kandungan batu rendah) dengan kestabilan yang cukup untuk menghasilkan perpindahan kurang dari 1/2 mm setahun

4.3.4 Ujikaji Beban Berulang-ulang Menggunakan Generator

'Pulse' Ke atas Struktur Pavmen.

Ujikaji ini, dinilai secara terperinci oleh Kumpulan Penyelidikan Jalanraya O.E.C.D.⁽¹⁴⁾ (Organisation for Economic Corperation and Development) yang dianggotai oleh United Kingdom, Amerika Syarikat, Australia, Jepun dan lain-lain. Ia merupakan satu kaedah cepat menguji usia turapan, juga boleh digunakan untuk mengkaji fenomena ubah-bentuk plastik

4.3.5 Ujikaji Beban Mampatan Berulang-ulang.

Dalam ujikaji ini sampel campuran bitumen dikenakan beban mampatan berulang-ulang, dengan halangan sisi atau pun tiada. Sampel diletakan dalam satu sel pada suhu yang terkawal.

Di Perancis, sampel ini dikenakan tegasan mampatan paksi yang berulang-ulang antara kosong dan satu nilai maksima. Kekerapan tegasan ialah 10Hz dan tegasan maksima sebesar 5,4 bars. Beban sisi malar boleh dikenakan. Suhu ujikaji adalah bebas. Perubahan bentuk keseluruhan ditentukan sebagai fungsi kepada bilangan pusingan (cycles) dan apabila perubahan bentuk ini mencapai 6% dari tinggi sampel asal, ujikaji dihentikan. Ini memberikan jumlah bilangan pusingan di mana dipanggil usia di bawah santaian dinamik. Dan digunakan untuk menilai ciri-ciri rintangan terhadap perubahan bentuk campuran. Bilangan pusingan boleh mencapai angka satu juta atau lebih.

Menggunakan peralatan ini dan dengan mengenakan tekanan lateral (tetap) maka seseorang boleh mengenakan tegasan yang mempunyai analogi tertentu dengan tegasan sebenar dalam pavmen dan menentukan kadar santapan yang berpadanan. Ini membolehkan anggaran perkiraan dalam perpaluhan dibuat hasil dari isipadu laluan trafik.

4.3.6 Ujikaji Sepenuhnya Di Tapak Jalanraya

Jalanraya yang dibina khusus untuk tujuan penyelidikan ke atas perubahan bentuk adalah amat kurang. Di Malaysia tiada lagi yang dicatatkan.

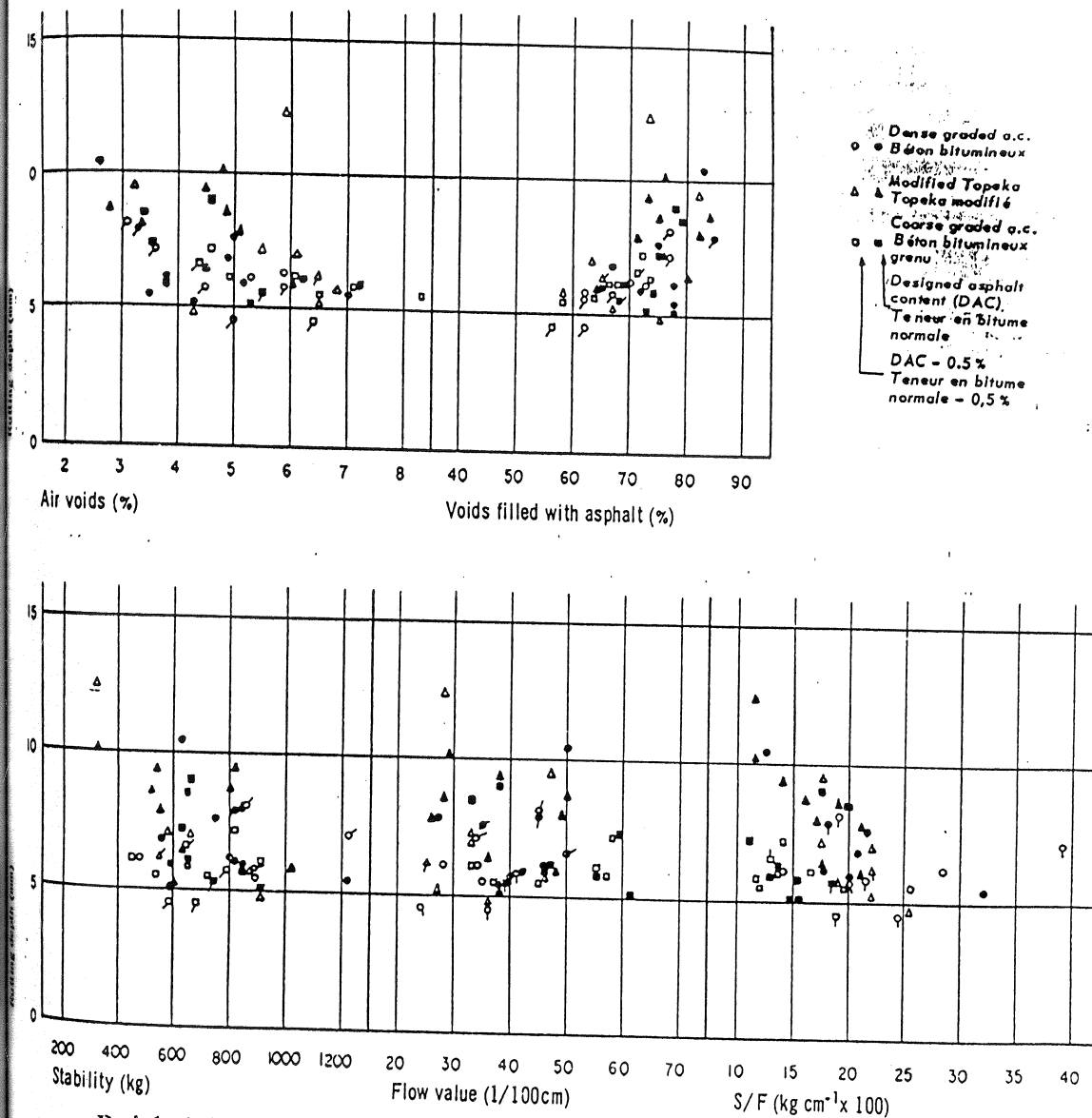
Maklumat tentang kelakuan campuran dalam pavmen selalunya diperolehi samada dengan pemerhatian ke atas jalanraya yang dibina bukan untuk kajian atau pemerhatian ke atas sebahagian pavmen yang dibina untuk tujuan itu.

Di Perancis, ujikaji pavmen dijalankan di Marseille, ia direkabentuk untuk mengkaji sifat ketahanan berbagai jenis bitumen, pemerhatian dibuat tentang pengurangan nisbah lompong ke atas campuran konkrit yang tidak mematuhi spesifikasi. Diperhatikan bahawa di laluan roda nisbah lompong bagi jenis bahan tersebut telah berkurang dengan banyaknya. (3.5% dalam masa 3 tahun).

Disatu kajian lain, pavmen telah dibina dalam keadaan yang buruk disegi aspek rintangan terhadap ubah bentuk plastik. Didapati di beberapa tempat perpaluhan yang dalam telah terbentuk dilapisan haus. Pembentukan perpaluhan dapat dielakan dengan menggunakan lapisan haus yang mengandungi kandungan bitumen yang kurang dan bitumen gred 40/50 dan

batubaur pecah, dibina di atas lapisan tapak batubaur pecah dengan kandungan rendah bitumen 40/50 pen dan nisbah pengisi bitumen dalam lingkungan 2.

Hubungan diterbitkan antara sifat-sifat pavmen dan keputusan ujikaji
(Lihat rajah 4.8 dibawah)



Rajah 4.8 : Perhubungan antara Keputusan Ujian Marshall dan
ukurdalam perpaluan menggunakan ujikaji skala penuh

4.4 Perbincangan dan Kesimpulan

Sekarang ini masih kekurangan data-data yang tepat dan sah untuk digunakan bagi mendapatkan hubungan antara keputusan ujikaji yang menganggar rintangan ubah bentuk kekal dengan kelakuan sebenar pavmen. Pengetahuan yang ada sekarang adalah lebih bersifat empirikal dan kualitatif.

Apabila memilih kaedah memperbaiki kefahaman terhadap ubah bentuk plastik, adalah perlu difikirkan bahawa kualiti campuran bitumen hendaklah dikekalkan, antaranya seperti ketelapan, rintangan terhadap hakisan oleh air, rintangan terhadap tindakan tayar, rintangan terhadap ketuaan (usia) dan rintangan terhadap lesu.

Dalam sesetengah kaedah memperbaiki rintangan terhadap perpaluhan, ia akan menjejaskan ciri-ciri kualiti yang disebutkan di atas, maka perlulah diambil jalan tengah dan bertolak ansur.

BAB LIMA

BAB 5 MENILAI KEUPAYAAN SISA KISARAN KONKRIT BERASFALT MENGGUNAKAN UJIKAJI WHEEL TRACKING

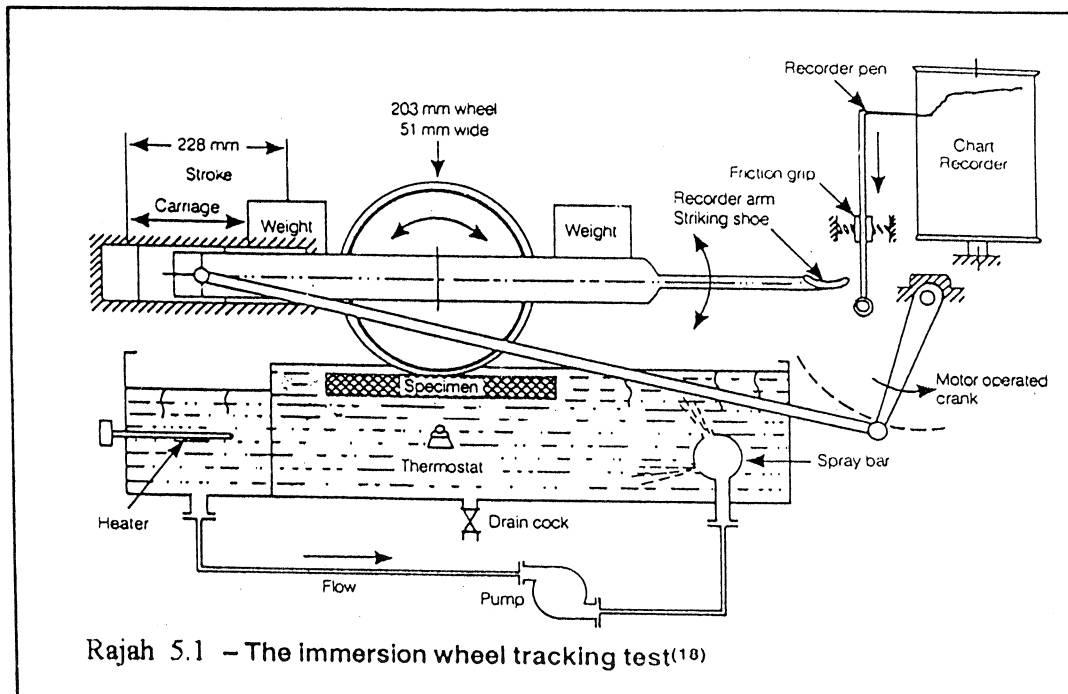
5.1 Pengenalan

Objektif utama projek ini ialah untuk menilai keupayaan sisa kisaran konkrit berasfal bercampur dengan agen pemulihan terhadap perpaluhan dengan menggunakan ujikaji Wheel Tracking. Dan menentukan kandungan minyak kelapa sawit yang sesuai.

Sisa kisaran yang digunakan diambil dari tapak bina di Maran, Pahang berusia ± 10 tahun. (gambar 5.1)

5.2 Peralatan Wheel Tracking.

Peralatan Wheel Tracking yang digunakan adalah versi yang di rekabentuk oleh Makmal Penyelidikan dan Pengangkutan Jalanraya (TRRL, dahulunya RRL) United Kingdom. Rajah 5.1 menunjukkan prinsip-prinsip reka bentuk mesin tersebut.



Kajian ini ialah untuk mengetahui rintangan campuran-panas sisa kisaran konkrit berasfal terhadap ubah bentuk. Beberapa jenis campuran telah diuji.

- i) Sampel sisa kisaran konkrit berasfal sahaja
- ii) Sampel sisa kisaran konkrit berasfal + minyak kelapa sawit. Peratus kandungan minyak kelapa sawit ialah 0.4%, 0.6%, 0.8% dan 1.0%.
- iii) Sampel sisa kisaran konkrit berasfal + cyclogen. Peratus kandungan cyclogen ialah 0.4%, 0.6%, 0.8% dan 1.0%.

Sisa kisaran yang telah dikeringkan, digoreng dan dikisar dalam alat pengisar (gambar 5.2) dan dicampurkan dengan agen pemulihan mengikut peratus yang telah ditetapkan. Lihat tajuk seterusnya untuk perincian tentang penyediaan specimen. Sampel dipadatkan ke dalam acuan besi bergalvani yang dikimpal berbentuk segi empat berukuran seperti berikut:

Panjang = 407 mm
Ukur dalam = 90 mm
Lebar = 137 mm (satu set 3 acuan)
atau = 214 mm (satu set 2 acuan)
atau = 443 mm (satu set 1 acuan)

Mampatan dilakukan dengan penggelek tangan yang beratnya ialah 3.6kg bagi 25mm lebar sampel acuan (gambar 5.4). Acuan bersaiz paling kecil boleh dimuatkan ketiga-tiga sekali kedalam mesin ujian (gambar 5.5). Jika spesimen kurang dari 3, maka susunan nya hendaklah seimbang (simetri) supaya beban yang dikenakan adalah seragam.

Permukaan atas setiap spesimen akan menyentuh roda getah yang berbeban. Sebanyak 3 roda getah yang berputar berukuran 200mm garis pusat x 45mm lebar, setiap satunya di pasang dan bertindak secara berasingan dan mempunyai lengan yang boleh berubah untuk disesuaikan dengan susunan spesimen.

Spesimen tersebut dikenakan beban dengan meletakkan pemberat ditempat khas diatas lengan roda, beban yang boleh dikenakan ialah diantara julat 18 kg hingga 54 kg.

Roda getah tersebut bergerak dan berulang alik diatas jalur yang sama, dengan jarak pergerakan sejauh 254 mm (10 in) searah dan dengan kekerapan 0 - 50 kitaran seminit.

Sampel-sampel spesimen diletak didalam tangki keluli yang berisi air. Suhu air boleh dikawal dengan termostat. Semasa ujikaji dijalankan suhu dikawal dalam lingkungan 40°C ke 70°C. Ini dilakukan dengan memutar dail

penunjuk pengawalan suhu yang terletak dibawah plat penutup atas. (Cabut punca bekalan elektrik sebelum mengalihkan penutup).

Alat pencatat asal perpaluhan ialah satu alat yang disebut pencatat pen di carta pencatat dan ia berputar 24 jam pada kadar yang ditetapkan didrum pencatat.

Ukurdalam maksima perpaluhan yang dibenarkan dalam peralatan ini ialah 20mm. Bila ukurdalam perpaluhan melebihi 20 mm berlaku, bahagian bawah lengan roda akan menyentuh penutup atas mesin, ini akan memberikan nilai perpaluhan yang tidak tepat disamping merosakkan mesin tersebut.

5.3 Penyediaan Spesimen.

- i) Masukkan acuan, plat dasar dan penggelek tangan (gambar 5.3) kedalam oven untuk memanaskan nya.
- ii) Acuan dan pemampat tangan dikeluarkan dari oven dan pasangkan acuan. Permukaan bahagian dalam acuan disapukan sedikit grease supaya sampel mudah dikeluarkan dari acuan tanpa merosakkan nya untuk ditimbang.
- iii) Sampel yang telah kering dan dibuat sukuan dalam tray ditimbang sebanyak 11.7 kg dan di goreng dalam mesin pengisar pada suhu 135°C - 150°C . Minyak kelapa sawit atau cyclogen dicampurkan (semasa menggoreng) mengikut peratus kandungan yang telah ditetapkan. Kemudian sampel dimasukan

kedalam acuan. Jangkasuhu digunakan untuk memastikan suhu berada pada tahap yang ditetapkan sebelum mampatan dijalankan.

- iv) Isikan sampel kedalam acuan hingga separuh penuh dandimampatkan dengan pemadat tangan 20 kali (satu arah). Baki campuran tambahan dimasukkan dan dimampatkan lagi sebanyak 20 kali sehingga separas dengan sisi atas acuan, licinkan permukaan atas.
- v) Spesimen dibiarkan sejuk didalam acuan selama 24 jam pada suhu bilik.
- vi) 3 spesimen bagi acuan 137mm lebar disediakan untuk ujikaji.
- vii) Spesimen dikeluarkan dari acuan dengan berhati-hati untuk ditimbang di udara dan dalam air untuk menentukan graviti tentu pukal specimen. Spesimen-spesimen di muatkan semula kedalam acuan untuk ujikaji Wheel Tracking seterusnya.

5.4 Menguji Spesimen.

- i) Isikan air ke dalam mesin Wheel Tracking sehingga keparas yang ditandakan supaya air akan melimpah dari alur limpah semasa ujikaji dijalankan.
- ii) Hidupkan pemanas air dan stabilkan suhu air pada 45 °C untuk ujikaji ini , ini memakan masa antara 40 hingga 60 minit.

- iii) Pasangkan spesimen kedalam mesin diikat ketat supaya tidak bergerak dan biarkan ia tenggelam selama 10 minit supaya suhunya stabil dengan suhu air.
- iv) Permukaan roda dikenakan dengan berhati-hati ke atas permukaan spesimen dengan cara menurunkan lengan roda itu satu persatu. Perlu berhati-hati kerana lengan roda tersebut agak berat.
- v) Setkan penunjuk halaju untuk mendapatkan pergerakan 42 pusingan seminit.

Calibration perlu dibuat terlebih dahulu dan disemak apabila ujikaji sedang berjalan dengan menggunakan jam randek pembilang bacaan.

- vi) Set pembilang bacaan ke nilai yang diperlukan.
- vii) Beban roda sebesar 54 kg. atau 118 lb dikenakan ke atas spesimen (Brien 1971).
- viii) Hidupkan mesin untuk memulakan ujikaji, roda akan bergerak dan dibiarkan bergerak berturutan sehingga mencapai pusingan beban yang ditetapkan, kemudian bacaan ubah bentuk pugak diambil.

Kaedah pengukuran perpaluhan diterangkan dalam bahagian berikutnya.

5.5 Kaedah Pengukuran Perpaluhan

Ujikaji dihentikan buat sementara waktu selepas 500, 1000, 2000, 3500, 5000 pusingan (satu pusingan beban = 2 laluan roda) dan diteruskan pada selang yang ditentukan, untuk membuat pengukuran kedalaman perpaluhan.

Kedalaman perpaluhan diukur ditiga tempat berlainan diatas setiap spesimen menggunakan tolok dail yang pada alat khas (lihat rajah 5.2), bacaan dicatatkan. Jarak pugak dari datum ke permukaan spesimen diukur sebelum dikenakan beban dan ukuran ini adalah sebagai aras rujukan atau bacaan awal tanpa perpaluhan. Selepas beban roda dikenakan ukuran pugak dititik-titik yang sama diambil semula. Bacaan jarak pugak ini kemudian nya dirujukan ke bacaan awal tadi untuk mendapatkan perbezaan kedalaman, dan seterusnya kedalaman purata perpaluhan dapat dikira.



Gambar 5.1 : Sampel sisa kisaran konkrit berasfal



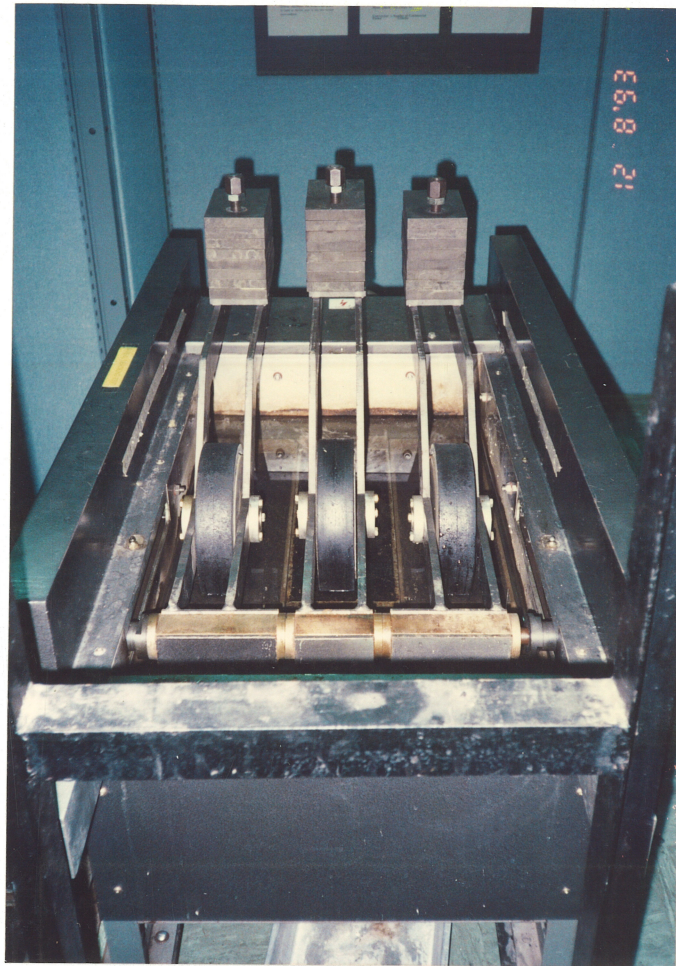
Gambar 5.2 : Mesin pembancuh



Gambar 5.3 : Peralatan ujikaji wheel tracking



Gambar 5.4 : Memampat sampel kedalam acuan



Gambar 5.5 : Mesin wheel tracking

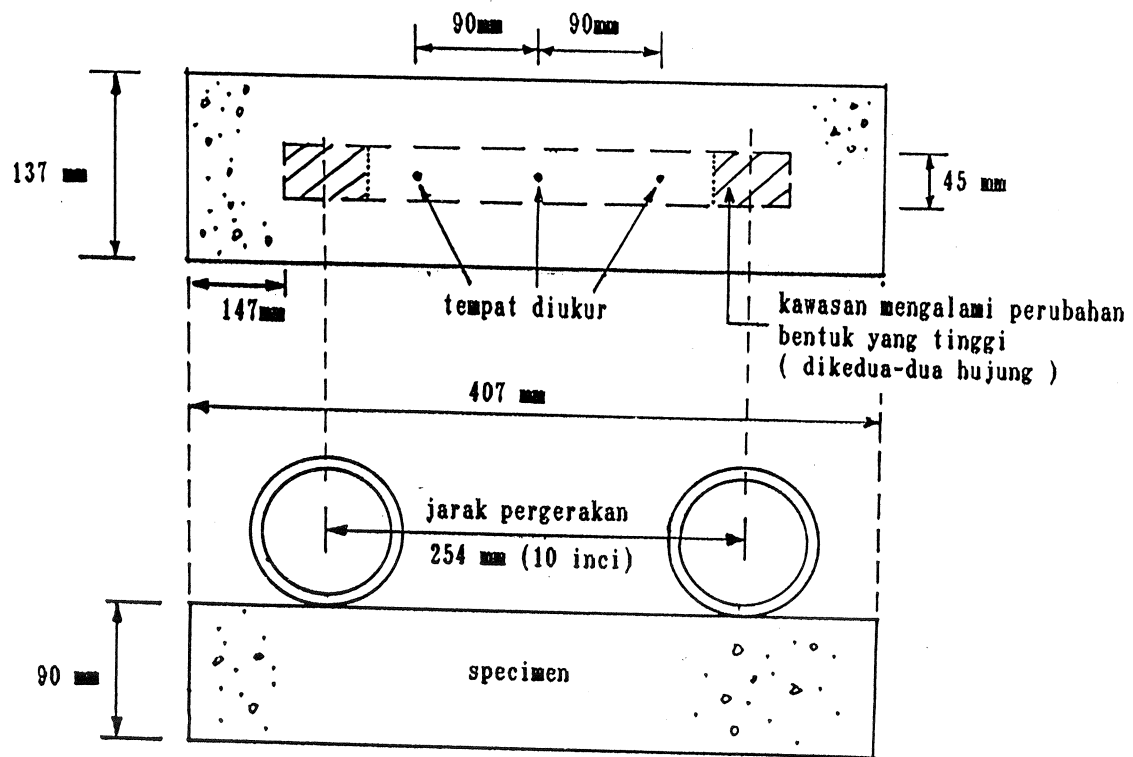


Gambar 5.6 : Pengukuran perpindahan



Gambar 5.7 : Sampel sisa kisanan yang di keluarkan dari acuan

(a) Pandangan Pelan



(b) Pandangan Sisi

Rajah 5.2 : Lokasi pengukuran perpaluhan

BAB ENAM

BAB 6 KEPUTUSAN DAN ANALISIS UJIKAJI MAKMAL

6.1 Keputusan Ujikaji

Keputusan ujikaji makmal (Wheel Tracking Test) dipersembahkan mengikut prosedur-prosedur seperti berikut, dan mengikut jenis agen pemulihan yang digunakan.

- i) Jadual-jadual yang menunjukkan data-data bacaan pembentukan perpalluan, campuran minyak kelapa sawit dan cyclogen dan jadual nilai purata perpalluan bagi setiap peratusan agen pemulihan yang digunakan.
- ii) Geraf-geraf yang menunjukkan hubungan antara purata perpalluan (mm) dengan pusingan beban dan geraf hubungan kandungan pengukuh dengan ketumpatan.
- iii) Parameter-parameter penting yang diperolehi bagi menggambarkan ciri-ciri perpalluan bagi campuran sisa kisanan konkrit berasfalt di jadualkan didalam jadual kesimpulan.

Jadual-jadual 6.1 hingga 6.9 menunjukkan kaedah mengambil bacaan perpalluan mengikut komposisi campuran agen pemulihan (minyak kelapa sawit dan cyclogen). Ukur dalam perpalluan diambil ditiga kedudukan disepanjang profil perpalluan bagi setiap sampel dan nilai purata ditentukan bagi setiap sela masa yang ditentukan. Ciri-ciri ujikaji adalah seperti yang dijelaskan dalam bab enam.

Rajah-rajah 6.1 - 6.5 menunjukkan geraf-geraf purata perpalluan melawan pusingan pembebanan (*loading cycles*)

Parameter-parameter penting dalam jadual keseluruhan ujikaji:

- i) Kadar pembentukan perpaluhan dalam mm/jam pada suhu air 45°C bagi sepanjang tempoh ujikaji. Kecerunan graf = kadar perpaluhan diperolehi dengan menjalankan analisis data *regression* menggunakan *software LOTUS*.
- ii) Bilangan pusingan roda untuk menghasilkan perpaluhan sedalam 10mm, nilai 10mm diambil kerana dikebanyakan negara menghadkan nilai ini bagi menunjukkan keperluan kerja-kerja pengukuhan atau selenggara perlu dilaksanakan.
- iii) Anggaran bilangan trafik maksima bagi 20 tahun usia, berdasarkan kepada formula yang dicadangkan oleh Szatkowski dan Jacobs⁽¹⁵⁾ yaitu;

$$W = 14000/(C + 100)$$

$$C = (14000/W) - 100$$

dimana: C = purata bilangan kenderaan perdagangan sehari

W = kadar perpaluhan (mm/jam)

Seterusnya jumlah bilangan gandar piawai bagi tempoh 20 tahun berdasarkan kepada nilai bilangan kenderaan perdagangan sehari dengan mengambil fakta kerosakan bersaamaan dengan 2 gandar piawai per kenderaan perdagangan. Dari persamaan di atas juga dianggarkan pembentukan 10 mm perpaluhan terjadi setelah membawa 50 juta gandar piawai trafik.

Oleh itu dapat ditentukan had kandungan minyak kelapa sawit bagi membawa trafik lebih dari 50 juta gandar piawai.

Geraf ukur dalam perpaluan (mm) melawan kandungan agen-agen pemulihan dipelot untuk menunjukkan perbandingan antara ciri-ciri pembentukan perpaluan campuran minyak kelapa sawit dan cyclogen dan kemudian dapat dianggarkan kandungan setara (sama) minyak kelapa sawit dan cyclogen. Juga ditunjukkan hubungan antara kandungan agen pemulihan dengan ketumpatan sampel, bagi mendapatkan ketumpatan maksima yang dicapai bagi peratus kandungan agen pengukuh yang berbeza.

Jadual 6.1 : PEMBENTUKAN PERPALUHAN.

Komposisi Campuran:
Sisa Kisaran Konkret Berasfal Sahaja.

Spesimen:
Frekuensi Bebanan : 42 Pus/min
Suhu Ujika : 45 °C
Kadar Perpaluhan : mm/jam

Sela	Profil (x 0.1mm)			Ukurdlm. Perpaluhan (mm)			Ukurdalam Purata Perpaluhan
	1	2	3	1	2	3	
Ukuran Rujukan	25.0	15.0	3.0				(mm) 0.0
	2.0	13.0	5.0				
500 Pus. (0.20 jam)	28.0	22.0	8.5	0.30	0.70	0.55	0.81
	22.0	18.0	13.0	2.00	0.50	0.80	
1000 Pus. (0.40 jam)	33.0	24.0	9.0	0.80	0.90	0.60	1.10
	25.0	21.0	17.0	2.30	0.80	1.20	
2000 Pus. (0.79 jam)	43.0	32.5	22.0	1.80	1.75	1.90	2.05
	34.5	29.0	25.0	3.25	1.60	2.00	
3500 Pus. (1.39 jam)	46.0	38.0	28.5	2.10	2.30	2.55	2.66
	42.0	35.0	33.0	4.00	2.20	2.80	
5000 Pus. (1.98 jam)	55.0	45.0	37.0	3.00	3.00	3.40	3.23
	44.0	39.0	36.5	4.20	2.60	3.15	
7500 Pus. (2.98 jam)	55.0	48.0	38.0	3.00	3.30	3.50	3.50
	47.0	41.0	44.0	4.50	2.80	3.90	
10000 Pus. (3.97 jam)	61.0	54.0	44.0	3.60	3.90	4.10	4.10
	53.0	47.0	50.0	5.10	3.40	4.50	

Jadual 6.2 : PEMBENTUKAN PERPALUHAN.

Komposisi Campuran:
Sisa Kisaran Konkrit Berasfal
+ 0.4% Minyak Kelapa Sawit

Spesimen:
Frekuensi Bebanan : 42 Pus/min
Suhu Ujikaji : 45 °C
Kadar Perpaluhan : mm/jam

Sela	Profil (x 0.1mm)			Ukurdalam Perpaluhan (mm)			Ukurdalam Purata Perpaluhan
	1	2	3	1	2	3	
Ukuran Rujukan	25.0	27.0	19.0				(mm)
	37.0	41.0	38.0				
	10.0	12.5	9.0				
500 Pus. (0.20 jam)	66.0	68.0	47.5	4.10	4.10	5.85	4.25
	77.0	75.5	83.0	4.00	3.45	4.50	
	47.0	51.5	55.5	3.70	3.90	4.65	
1000 Pus. (0.40 jam)	81.0	82.5	92.0	5.60	5.55	7.30	5.70
	91.0	91.0	98.0	5.40	5.00	6.00	
	59.0	66.0	70.5	4.90	5.35	6.15	
2000 Pus. (0.79 jam)	98.0	99.0	109.5	7.30	7.20	9.05	7.36
	107.5	106.5	114.0	7.05	6.55	7.60	
	76.0	82.5	87.5	6.60	7.00	7.85	
3500 Pus. (1.39 jam)	115.5	116.0	128.5	9.05	8.90	10.95	9.09
	124.5	123.5	130.5	8.75	8.25	9.25	
	93.0	100.0	105.0	8.30	8.75	9.60	
5000 Pus. (1.98 jam)	129.0	128.0	142.0	10.40	10.10	12.30	10.35
	136.5	135.5	143.5	9.95	9.45	10.55	
	105.5	112.5	117.5	9.55	10.00	10.85	
7500 Pus. (2.98 jam)	141.0	139.0	154.5	11.60	11.20	13.55	11.52
	149.0	147.0	155.5	11.20	10.60	11.75	
	117.0	123.0	129.5	10.75	11.05	12.05	
10000 Pus. (3.97 jam)	159.5	157.0	173.0	13.45	13.00	15.40	13.37
	167.5	164.0	174.5	13.05	12.30	13.65	
	136.5	140.5	149.0	12.65	12.80	14.00	

Jadual 6.3 : PEMBENTUKAN PERPALUHAN.

Komposisi Campuran:
Sisa Kisaran Konkrit Berasfal
+ 0.6% Minyak Kelapa Sawit

Spesimen:
Frekuensi Bebanan : 42 Pus/min
Suhu Ujikaji : 45 °C
Kadar Perpaluhan : mm/jam

Sela	Profil (x 0.1mm)			Ukur dalam Perpaluhan (mm)			Ukur dalam Purata Perpaluhan
	1	2	3	1	2	3	
Ukuran Rujukan	39.0	33.0	17.5				(mm) 0
	49.0	55.0	55.0				
	51.5	52.0	48.5				
500 Pus. (0.20 jam)	88.0	85.0	90.0	4.90	5.20	7.25	5.11
	98.0	95.0	105.0	4.90	4.00	5.00	
	96.0	99.0	104.0	4.45	4.70	5.55	
1000 Pus. (0.40 jam)	100.0	102.0	107.5	6.10	6.90	9.00	6.97
	130.0	129.0	140.0	8.10	7.40	8.50	
	101.0	107.0	111.0	4.95	5.50	6.25	
2000 Pus. (0.79 jam)	129.0	116.0	139.0	9.00	8.30	12.15	9.28
	163.0	158.0	165.0	11.40	10.30	11.00	
	119.0	119.0	127.0	6.75	6.70	7.90	
3500 Pus. (1.39 jam)	150.0	135.5	168.0	11.10	10.20	15.00	11.71
	182.5	162.0	187.0	13.35	10.70	13.20	
	155.0	147.0	168.0	10.35	9.50	11.95	
5000 Pus. (1.98 jam)	167.5	151.0	186.0	12.85	11.80	16.85	13.45
	200.0	178.5	205.0	15.10	12.35	15.00	
	173.0	164.5	185.5	12.15	11.25	13.70	

Jadual 6.4 : PEMBENTUKAN PERPALUHAN.

Komposisi Campuran:
Sisa Kisaran Konkrit Berasfal
+ 0.8% Minyak Kelapa Sawit

Spesimen:
Frekuensi Bebanan : 42 Pus/min
Suhu Ujikaji : 45 °C
Kadar Perpaluhan: mm/jam

Sela	Profil (x 0.1mm)			Ukurdalam Perpaluhan (mm)			Ukurdalam Purata Perpaluhan
	1	2	3	1	2	3	
Ukuran Rujukan	20.0	17.0	16.5				(mm)
	21.0	21.0	20.5				
	31.5	39.0	38.5				
500 Pus. (0.20 jam)	70.5	62.5	83.0	5.05	4.55	6.65	6.56
	99.0	98.0	103.0	7.80	7.70	8.30	
	101.0	94.0	104.0	6.95	5.50	6.55	
1000 Pus. (0.40 jam)	95.0	83.5	128.0	7.50	6.65	11.15	10.59
	145.0	132.0	175.0	12.45	11.10	15.45	
	135.0	126.0	158.0	10.40	8.70	11.95	
1500 Pus. (0.6 jam)	150.0	115.0	198.0	13.00	9.80	18.20	17.07
	222.0	187.0	266.0	20.10	16.60	24.60	
	223.0	164.0	234.0	19.20	12.50	19.60	

Jadual 6.5 : PEMBENTUKAN PERPALUHAN.

Komposisi Campuran:
Sisa Kisaran Konkrit Berasfal
+ 1% Minyak kelapa Sawit.

Spesimen:
Frekuensi Bebanan : 42 Pus/min
Suhu Ujikaji : 45 °C
Kadar Perpaluhan : mm/jam

Sela	Profil (x 0.1mm)			Ukurdalam Perpaluhan (mm)			Ukurdalam Purata Perpaluhan
	1	2	3	1	2	3	
Ukuran Rujukan	62.0	36.0	13.0				(mm) 0
	78.0	61.0	53.0				
	20.0	8.5	-5.0				
500 Pus (0.20 jam)	135.5	109.0	148.0	7.35	7.30	13.50	9.13
	146.0	141.5	168.0	6.80	8.05	11.50	
	98.5	88.0	114.0	7.85	7.95	11.90	
750 Pus. (0.3 jam)	169.0	143.0	181.5	10.70	10.70	16.85	12.50
	179.5	174.5	202.0	10.15	11.35	14.90	
	132.5	121.5	148.0	11.25	11.30	15.30	
1000 Pus. (0.4 jam)	228.0	153.5	245.0	16.60	11.75	23.20	16.91
	242.0	185.5	276.0	16.40	12.45	22.30	
	169.5	131.0	217.0	14.95	12.30	22.20	

Jadual 6.6 : PEMBENTUKAN PERPALUHAN.

Komposisi Campuran:
Sisa Kiseran Konkrit Berasfal
campur 0.4% Cyclogen

Spesimen:
Frekuensi Bebanan : 42 Pus/min
Suhu Ujikaji : 45 °C
Kadar Perpaluhan : mm/jam

Sala	Profil (x 0.1 mm)			Ukur dalam Perpaluhan (mm)			Ukur dalam Purata Perpaluhan
	1	2	3	1	2	3	
Ukuran Rujukan	26.0	21.5	21.0				(mm)
	10.0	3.5	-3.0				0
500 Pus. (0.20 jam)	52.0	46.5	48.0	2.60	2.50	2.70	2.54
	33.0	27.0	25.0	2.30	2.35	2.80	
1000 Pus. (0.40 jam)	58.0	51.0	58.0	3.20	2.95	3.70	3.23
	38.5	33.0	34.0	2.85	2.95	3.70	
2000 Pus. (0.79 jam)	65.0	57.5	67.0	3.90	3.60	4.60	4.03
	46.0	40.0	45.0	3.60	3.65	4.80	
3500 Pus. (1.39 jam)	72.0	64.0	72.0	4.60	4.25	5.10	4.78
	54.5	47.0	56.0	4.45	4.35	5.90	
5000 Pus. (1.98 jam)	75.0	67.0	82.0	4.90	4.55	6.10	5.35
	60.0	52.0	64.0	5.00	4.85	6.70	
7500 Pus. (2.98 jam)	86.5	78.5	93.5	6.05	5.70	7.25	6.51
	71.5	64.0	76.0	6.15	6.05	7.90	
10000 Pus. (3.97 jam)	95.0	86.0	101.5	6.90	6.45	8.05	7.33
	79.5	72.5	84.5	6.95	6.90	8.75	

Jadual 6.7 : PEMBENTUKAN PERPALUHAN.

Komposisi Campuran:
Sisa Kisaran Konkrit Berasfal
+ 0.6% 'Cyclogen'

Spesimen:
Frekuensi Bebanan : 42 Pus/minit
Suhu Ujikaji : 45 °C
Kadar Perpaluhan: mm/jam

Sala	Profil (x 0.1mm)			Ukurdalam Perpaluhan (mm)			Ukurdalam Purata Perpaluhan
	1	2	3	1	2	3	
Ukuran Rujukan	10.0	13.0	11.0				(mm) 0
	20.0	14.0	7.0				
500 Pus. (0.20 jam)	29.0	34.0	44.0	1.90	2.10	3.30	2.18
	36.0	36.0	27.0	1.60	2.20	2.00	
1000 Pus. (0.40 jam)	39.0	41.0	57.0	2.90	2.80	4.60	2.84
	45.5	45.0	38.0	2.55	1.10	3.10	
2000 Pus. (0.79 jam)	57.5	51.0	84.0	4.75	3.80	7.30	4.80
	59.0	55.0	57.0	3.90	4.10	5.00	
3500 Pus. (1.39 jam)	73.5	66.0	99.5	6.35	5.30	8.85	6.31
	74.0	69.0	72.0	5.40	5.50	6.50	
5000 Pus. (1.98 jam)	87.5	79.0	124.5	7.75	6.60	11.35	7.65
	75.5	77.5	90.0	5.55	6.35	8.30	
7500 Pus. (2.98 jam)	99.5	90.0	136.0	8.95	7.70	12.50	8.79
	87.5	88.0	101.5	6.75	7.40	9.45	
10000 Pus (3.97 jam)	114.0	104.5	150.5	10.40	9.15	13.95	10.24
	102.0	102.5	116.0	8.20	8.85	10.90	

Jadual 6.8 : PEMBENTUKAN PERPALUHAN.

Komposisi Campuran:
Sisa Kisaran Konkrit Berasfal
+ 0.8% 'Cyclogen'

Spesimen:
Frekuensi Bebanan : 42 Pus/mnit
Suhu Ujikaji : 45 °C
Kadar Perpaluhan : mm/jam

Sala	Profil (x 0.1mm)			Ukurdalam Perpaluhan (mm)			Ukurdalam Purata Perpaluhan
	1	2	3	1	2	3	
Ukuran Rujukan	20.0	23.5	29.0				(mm) 0
	36.0	34.0	35.0				
500 Pus. (0.20 jam)	58.0	49.0	66.0	3.80	2.55	3.70	2.30
	65.0	58.5	73.0	2.90	2.45	3.80	
750 Pus. (0.30 jam)	69.0	53.5	76.0	4.90	3.00	4.70	3.92
	72.0	59.0	83.0	3.60	2.50	4.80	
1000 Pus. (0.4 jam)	70.0	58.5	82.0	5.00	3.50	5.30	4.53
	79.0	66.0	94.0	4.30	3.20	5.90	
2000 Pus. (0.79 jam)	92.0	77.0	119.5	7.20	5.35	9.05	7.23
	102.0	88.0	133.0	6.60	5.40	9.80	
3500 Pus. (1.39 jam)	115.0	99.0	152.0	9.50	7.60	12.30	9.93
	128.0	109.0	171.0	9.20	7.50	13.50	
5000 Pus. (1.98 jam)	132.5	116.0	168.0	11.25	9.25	13.90	11.63
	146.0	125.0	187.5	11.00	9.10	15.25	
7500 Pus. (2.98 jam)	146.0	129.5	185.0	12.60	10.60	15.30	13.01
	160.0	138.5	202.0	12.40	10.45	16.70	
10000 Pus. (3.97 jam)	178.0	158.0	208.5	15.80	13.50	17.95	15.85
	191.0	168.5	224.0	15.50	13.45	18.90	

Jadual 6.9 : PEMBENTUKAN PERPALUHAN.

Komposisi Campuran:
Sisa Kisanan Konkrit Berasfal
+ 1% Cyclogen.

Spesimen:
Frekuensi Bebanan : 42 Pus/min
Suhu Ujikaji : 45 °C
Kadar Perpaluhan : mm/jam

Sala	Profil (x 0.1mm)			Ukur dalam Perpaluhan(mm)			Ukur dalam Purata Perpaluhan
	1	2	3	1	2	3	
Ukuran Rujukan	20.0	11.0	11.0				(mm) 0
	2.5	-1.0	3.0				
500 Pus (0.20 jam)	62.0	44.0	69.0	4.20	3.30	5.80	4.54
	48.0	36.0	60.0	4.55	3.70	5.70	
750 Pus. (0.30 jam)	73.0	52.0	81.0	5.30	4.10	7.00	5.57
	62.0	41.0	71.5	5.95	4.20	6.85	
1000 Pus. (0.4 jam)	86.5	60.5	94.0	6.65	4.95	8.30	6.63
	70.0	46.0	87.0	6.75	4.70	8.40	
2000 Pus. (0.79 jam)	113.0	82.0	144.0	9.30	7.10	13.30	10.08
	106.0	68.0	138.0	10.35	6.90	13.50	
3500 Pus. (1.39 jam)	169.0	138.0	194.5	14.90	12.70	18.35	15.31
	162.0	114.0	187.5	15.95	11.50	18.45	

**Jadual 6.10 : Kesimpulan Keputusan Ujikaji 'Wheel-Tracking'
Campuran Minyak Kelapa Sawit**

Pusingan Beban	Masa (Jam)	Purata u/dalam perpaluhan untuk 5 spesimen (mm)				
		0 %	0.4 %	0.6 %	0.8 %	1.0 %
0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500	0.20	0.81	4.25	5.11	6.56	9.13
750	0.30	—	—	—	—	12.50
1000	0.40	1.10	5.70	6.97	10.59	16.91
1500	0.60	—	—	—	17.07	—
2000	0.79	2.05	7.36	9.28	—	—
3500	1.39	2.66	9.09	11.71	—	—
5000	1.98	3.23	10.35	13.45	—	—
7500	2.98	3.50	11.52	—	—	—
10000	3.97	4.10	13.37	—	—	—

**Jadual 6.11 : Kesimpulan Keputusan Ujikaji 'Wheel-Tracking'
Campuran Cyclogen**

Pusingan Beban	Masa (Jam)	Purata U/dalam perpaluhan untuk 5 Spesimen (mm)				
		0 %	0.4 %	0.6 %	0.8 %	1.0 %
0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500	0.20	0.81	2.54	2.18	2.30	4.54
750	0.30	—	—	—	3.92	5.57
1000	0.40	1.10	3.23	2.84	4.53	6.63
1500	0.60	—	—	—	—	—
2000	0.79	2.05	4.03	4.80	7.23	10.08
3500	1.39	2.66	4.78	6.31	9.93	15.31
5000	1.98	3.23	5.35	7.65	11.63	—
7500	2.98	3.50	6.51	8.79	13.01	—
10000	3.97	4.10	7.33	10.24	15.85	—

Jadual 6.12 : Nilai Graviti Tentu campuran sisa kisaran

Sampel No.	% Minyak Sawit	Jisim Tentu		Isipadu Tentu	Graviti Tentu Pukal	Berat Unit (Mg/m ³)
		Dlm. Udara(gm)	Dalam Air (gm)			
1	0	10713	5965	4747	2.257	2.257
2		10793	6028	4765	2.265	2.265
Purata						2.261
1	0.4	11503	6480	5023	2.290	2.290
2		11472	6440	5032	2.279	2.279
3		11395	6371	5024	2.268	2.268
Purata						2.279
1	0.6	11290	6233	5057	2.233	2.233
2		11155	6198	4957	2.250	2.250
3		11013	6059	4954	2.223	2.233
Purata						2.239
1	0.8	11172	6198	4974	2.246	2.246
2		11192	6232	4960	2.256	2.256
3		10930	6071	4859	2.249	2.249
Purata						2.250
1	1.0	10964	6085	4879	2.247	2.247
2		11130	6190	4940	2.253	2.253
3		11288	6230	5058	2.232	2.232
Purata						2.244

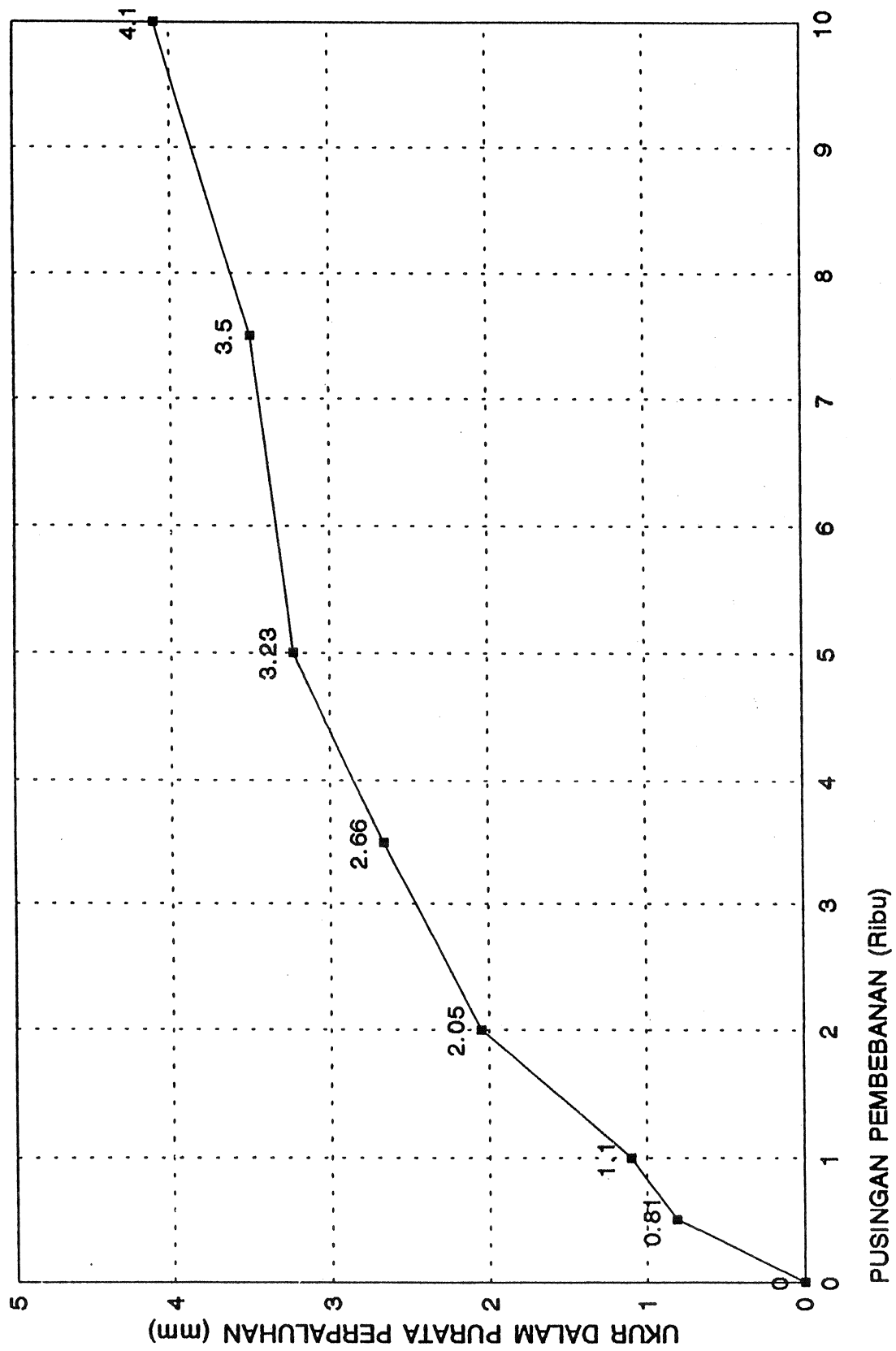
Minyak kelapa sawit

Sampel No.	% Cyclogen	Jisim Tentu		Isipadu Tentu	Graviti Tentu Pukal	Berat Unit (Mg/m ³)
		Dalam Udara(gm)	Dalam Air (gm)			
1	0.4	11029	6188	4841	2.278	2.278
2		11331	6337	4994	2.269	2.269
Purata						2.274
1	0.6	11435	6442	4993	2.290	2.290
2		11421	6434	4987	2.290	2.290
Purata						2.290
1	0.8	11350	6364	5004	2.268	2.268
2		11253	6311	4942	2.277	2.277
Purata						2.273
1	1.0	11327	6361	4966	2.281	2.281
2		11191	6261	4930	2.270	2.270
Purata						2.276

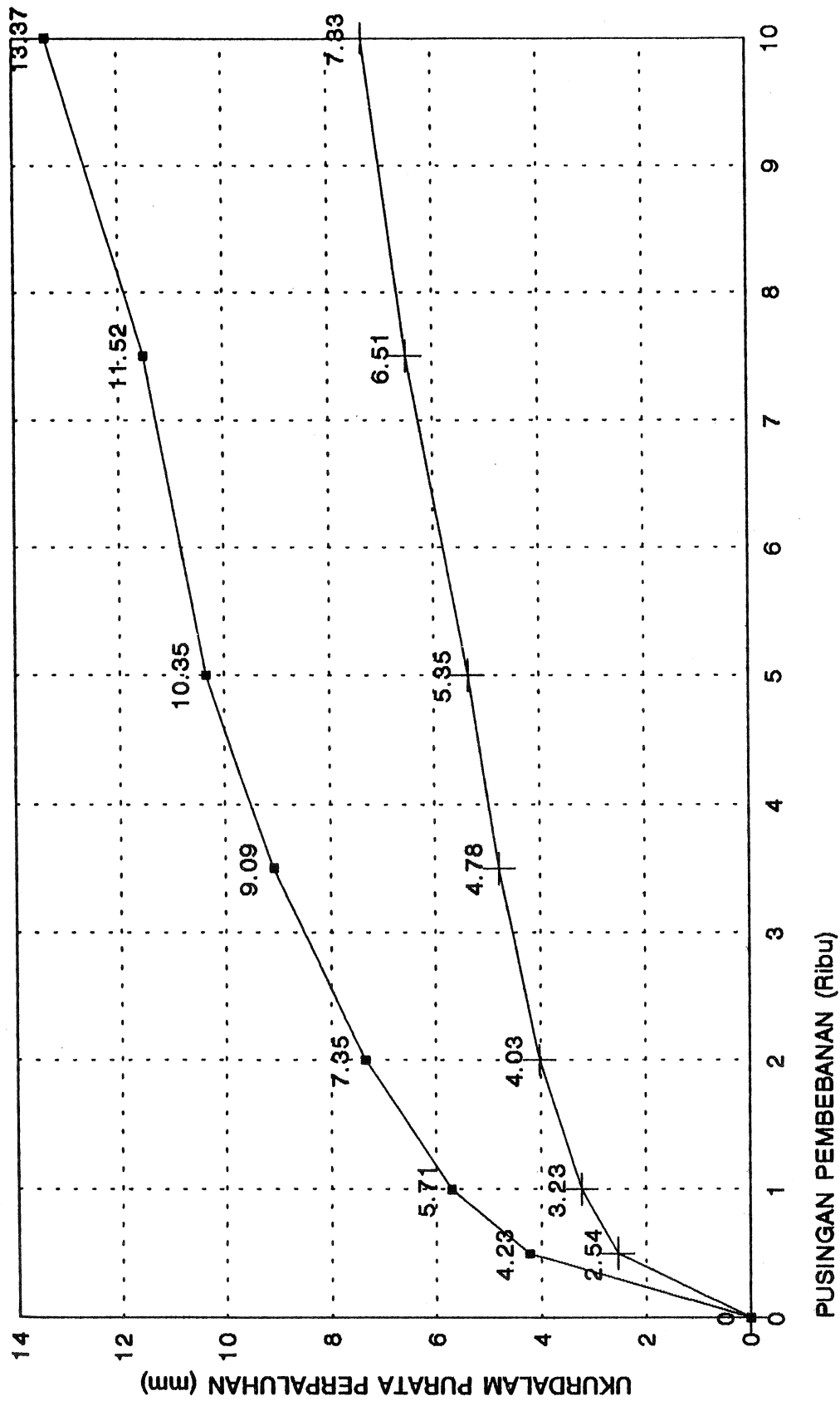
Cyclogen

Jadual 6.13 : Keputusan Ujikaji 'Wheel Tracking'

Jenis Campuran & % Ajen Pengukuh	Kadar Perpaluhan Pada 45 °C (mm/jam)	Bil. Pusingan roda Utk. menghasilkan perpaluhan 10 mm. (Had Selenggara)	Trafik Maksima bagi 20 tahun usia (Cv/hari)	Ketumpatan Campuran (kg/m³)	Jumlah bil. Gandar Piawai (juta) (20 tahun)
Konkrit Berasfalt					
<u>Minyak Sawit</u>					
0 %	1.25	> 10000	11100	2261	332.19
0.4 %	4.13	6102	3290	2279	98.46
0.6 %	8.10	3111	1630	2239	48.78
0.8 %	28.20	894	400	2250	11.79
1.0 %	42.55	592	230	2244	6.88
<u>Cyclogen</u>					
0.4 %	2.26	> 10000	6100	2274	182.55
0.6 %	3.07	8208	4460	2290	133.47
0.8 %	4.70	5362	2880	2273	86.19
1.0 %	12.11	2081	1060	2276	31.72

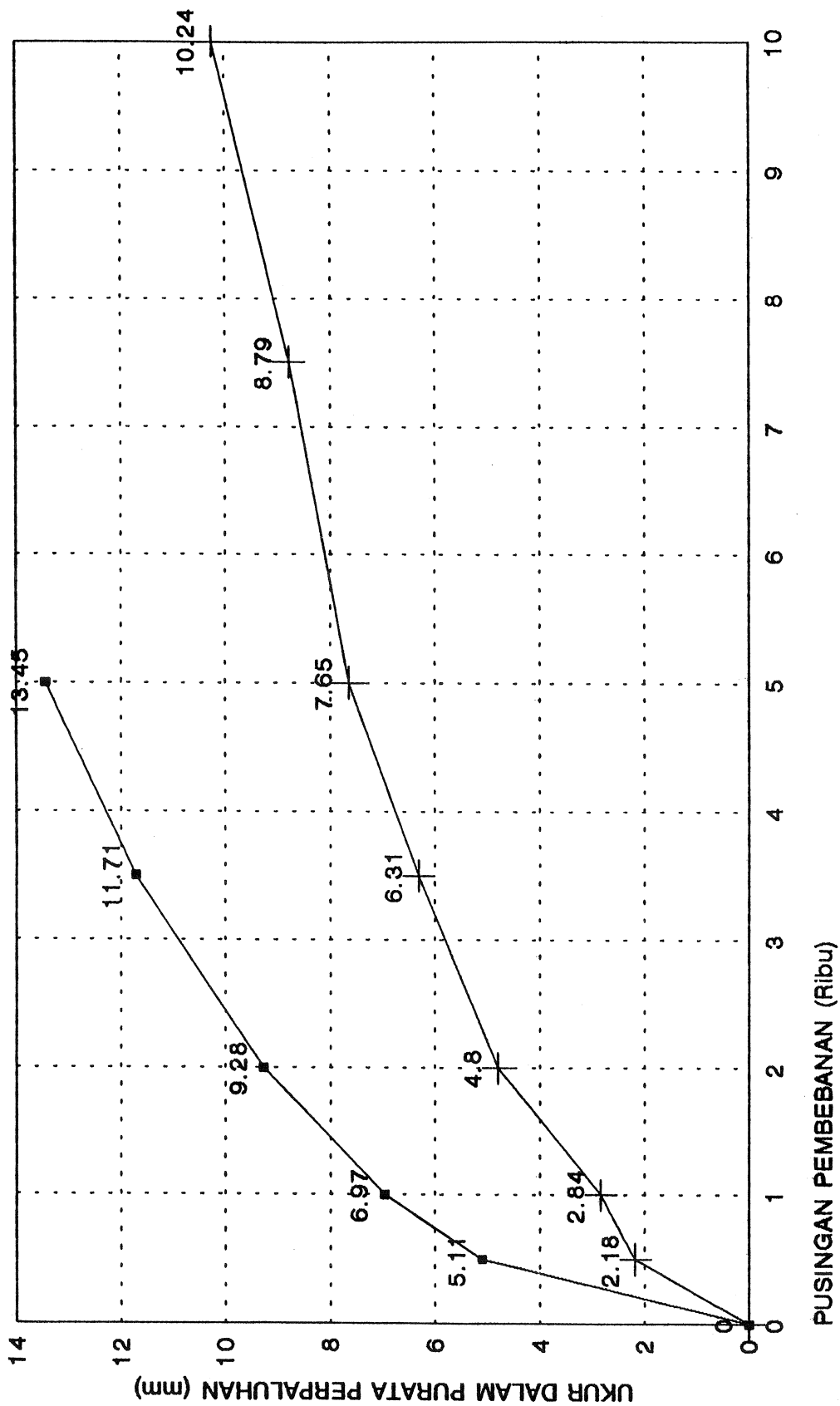


Rajah 6.1 : Gerah Ukur Dalam Purata Perpaluhan mhw. Pusingan Beban
 Sisa Kisanan konkrit Berasfal sahaja.
 Frekuensi Pembebanan 42 Pus/min.



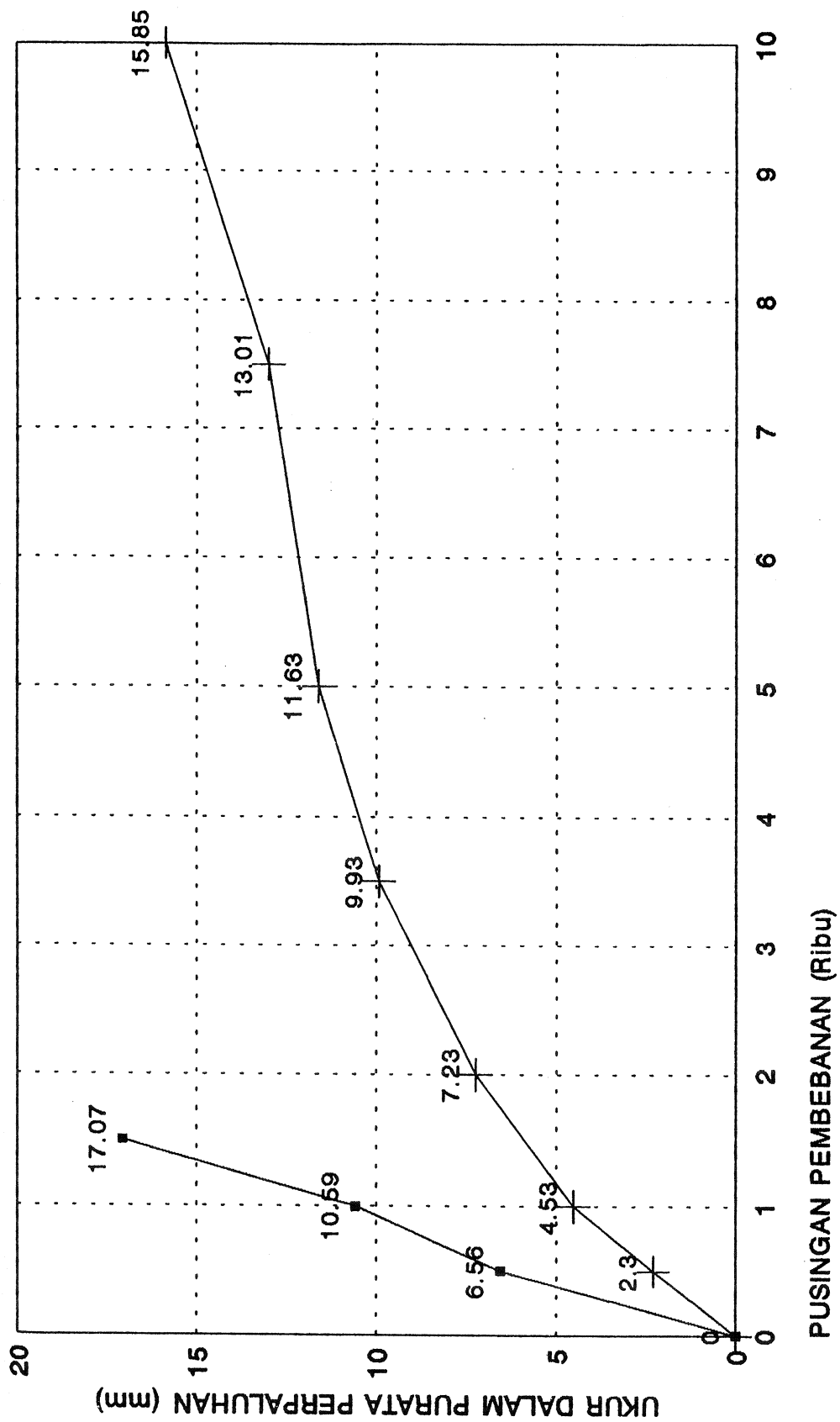
■ Minyak Kelapa Sawit + Cyclogen

Rajah 6.2 : Gerak Ukur dalam Purata Perpaluhan mlw Pusingan Beban.
Kandungan Bahan Pengkuh 0.4%
Frekuensi Pembebanan 42 Pus/min.



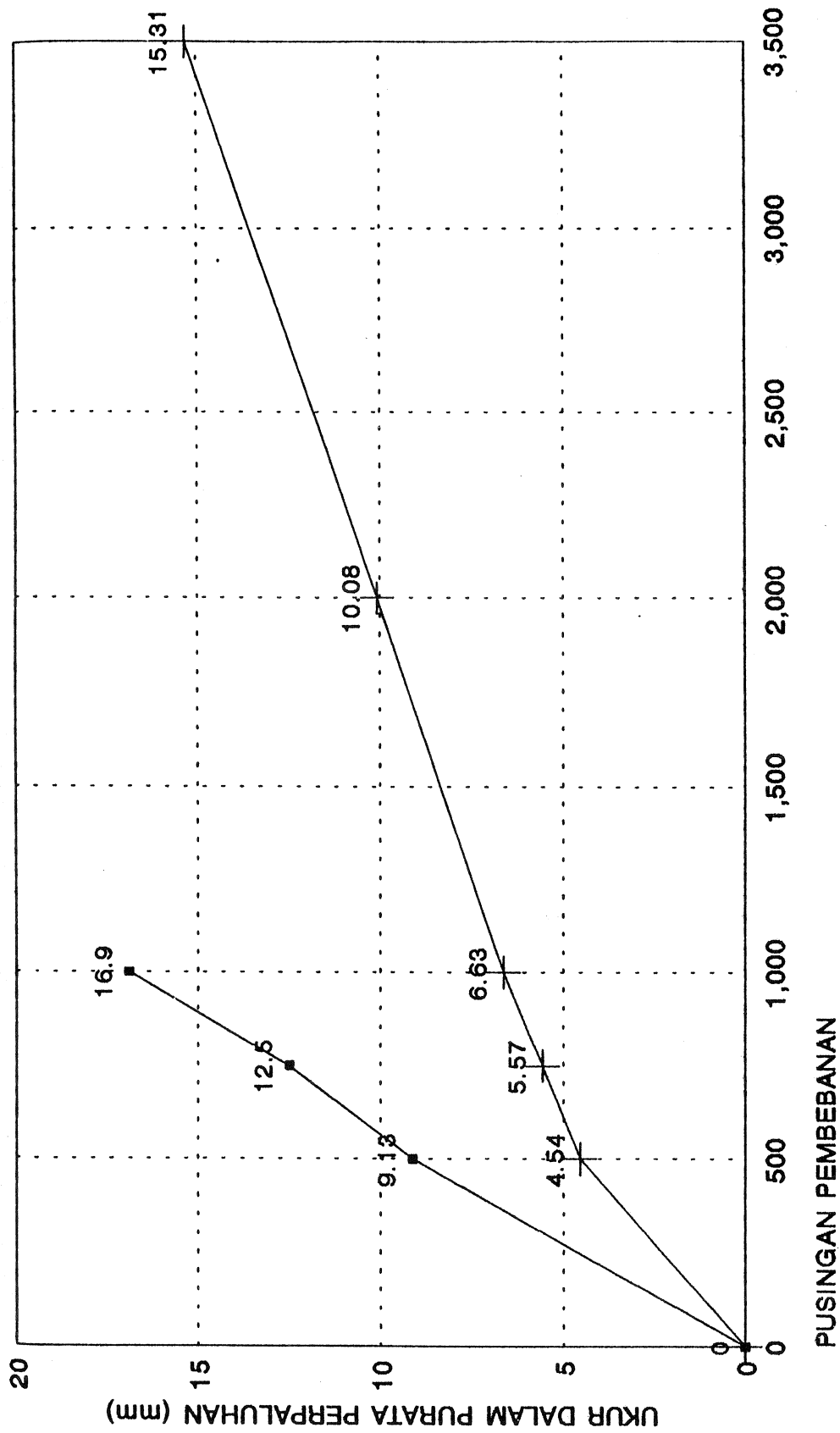
■ Minyak Kelapa Sawit + Cyclogen

Rajah 6.3 : Geraf Ukur Dalam Purata Perpaluhan mlw Pusingan Beban
Kandungan Bahan Pengkuh 0.6%
Frekuensi Pembebanan 42 Pus/min.



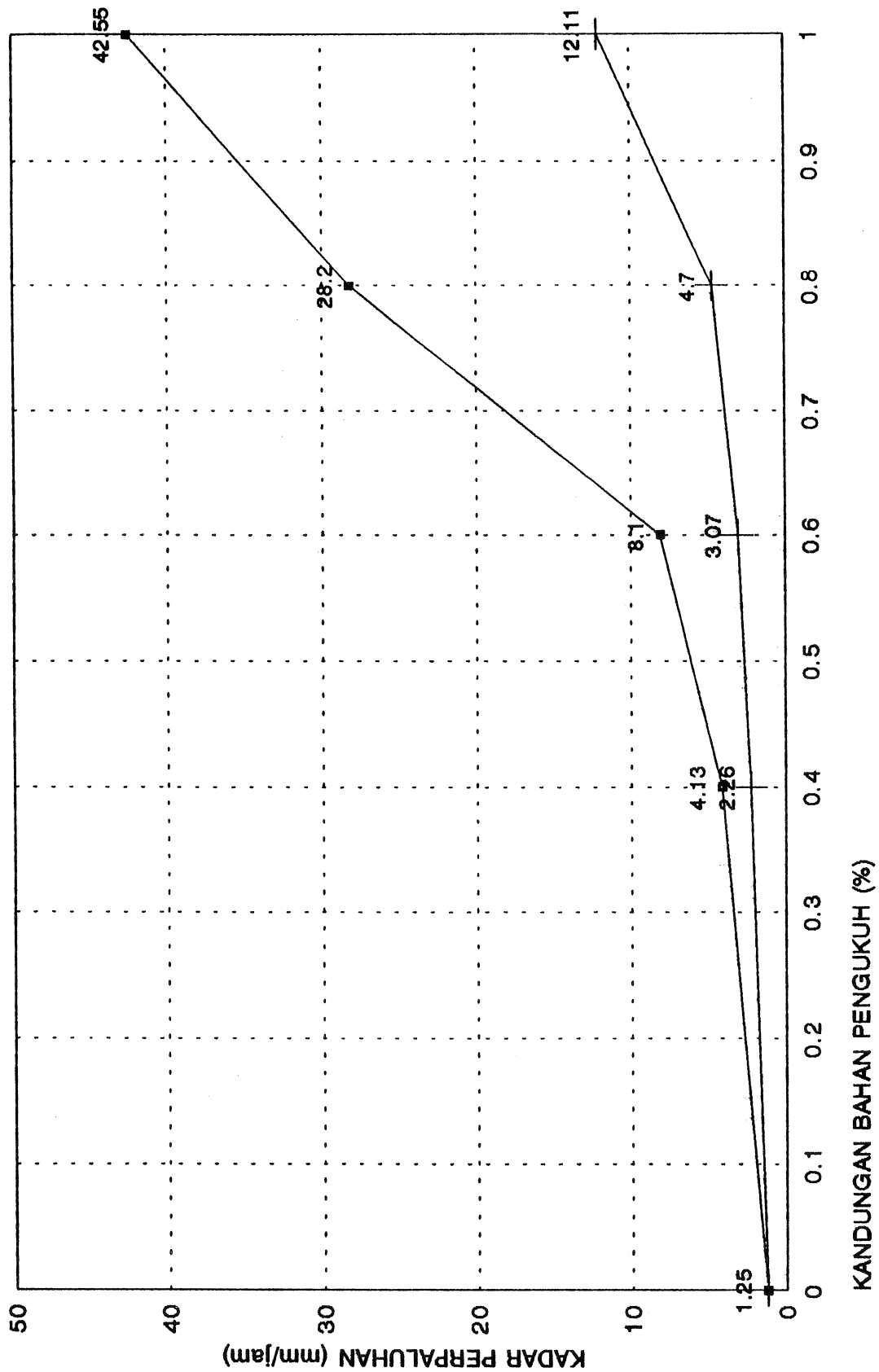
■ Minyak Kelapa Sawit + Cyclogen

Rajah 6.4 : Gerak Ukur Dalam Purata Perpaluhan mlw Pusingan Beban
Kandungan Bahan Pengkuh 0.8 %
Frekuensi Pembebanan 42 Pus/min.

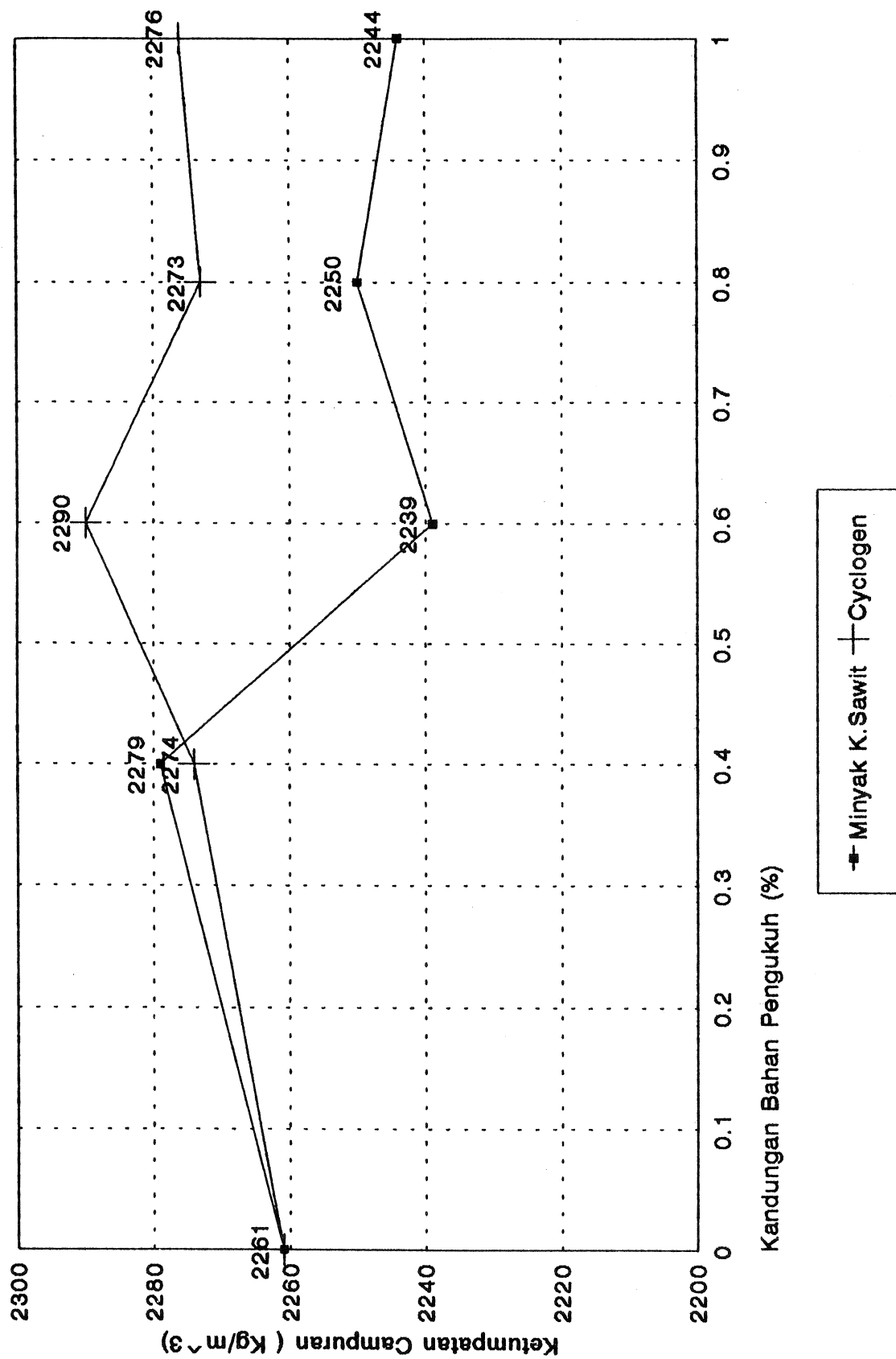


—■— Minyak Kelapa Sawit —+— Cyclogen

Rajah 6.5 : Gerak Ukur dalam purata perpaluhan mlw. pusingan beban
Kandungan bahan pengukuh 1.0 %
Frekuensi pembebanan 42 pus/min



Rajah 6.6 : Geraf kadar perpaluhan mlw. kandungan bahan pengukuh



Rajah 6.7 : Geraf Ketumpatan Campuran miw. Kandungan Bahan Pengkuh

BAB TUJUH

BAB 7 PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

7.1 Interpretasi Ke atas Keputusan Ujikaji

Daripada graf ukur dalam purata perpaluhan melawan pusingan beban, kadar pembentukan perpaluhan diperingkat awal ujikaji adalah agak tinggi. Ini kerana spesimen mengalami perubahan bentuk awal, campuran bertindak menyusun semula kedudukan zarah-zarah dan memenuhi/mengambil tempat lompang-lompang yang ada sehingga keadaan ini lama kelamaan berkurangan dan spesimen menjadi lebih stabil. Selepas peringkat ini kadar pembentukan perpaluhan lebih bersifat linear terhadap masa atau pusingan. Ciri-ciri pembentukan perpaluhan yang hampir serupa ditunjukkan oleh campuran minyak kelapa sawit dan cyclogen, lihat rajah 6.1 hingga 6.5 lengkung ukur dalam purata perpaluhan juga menunjukkan pembentukan perpaluhan yang dialami oleh campuran minyak kelapa sawit adalah lebih cepat dari campuran cyclogen pada peratus kandungan yang sama.

Satu parameter yang penting yang diperolehi dari ujikaji Wheel Tracking ialah kadar perpaluhan dengan unit mm/jam atau mm/pusingan iaitu kadar ukur dalam perpaluhan terbentuk per unit masa atau pusingan. Kadar perpaluhan ini berbeza mengikut kandungan dan jenis bahan/ajen pengukuh yang digunakan. Rajah 6.6 menunjukkan hubungan kadar perpaluhan bagi kandungan minyak kelapa sawit dan cyclogen berbanding kandungan bahan pemulihan. Bagi minyak kelapa sawit peningkatan yang mendadak berlaku apabila kandungannya melebihi 0.6 peratus, tetapi cyclogen memberikan hubungan yang agak lurus sehingga 1 peratus kandungan. Ini menunjukkan bahawa pertambahan minyak kelapa sawit bertindak melembutkan campuran sisa kisaran. Campuran yang menghasilkan nilai perpaluhan yang rendah

adalah campuran yang mempunyai rintangan yang lebih kuat terhadap perpaluhan.

Peratus kandungan bahan pengukuh juga mempengaruhi darjah mampatan spesimen, ini jelas ditunjukkan dalam keputusan ujikaji (lihat rajah 6.7). Walaupun lengkung yang dihasilkan tidak begitu tersusun tetapi nilai ketumpatan maksima dapat ditunjukkan pada kandungan 0.4% minyak kelapa sawit dan 0.6% Cyclogen. Ketumpatan campuran maksima yang dihasilkan oleh minyak kelapa sawit adalah pada kandungan yang lebih rendah berbanding cyclogen. Nilai ketumpatan maksima campuran minyak kelapa sawit ialah 2279 kg/m^3 dan cyclogen ialah 2290 kg/m^3 . Darjah ketumpatan yang dihasilkan dari kaedah campuran Marshall ialah 2351 kg/m^3 (Muhammad Zulhazmi Ismail)⁽¹⁸⁾. Kaedah mampatan yang digunakan dalam ujikaji Wheel Tracking dapat mencapai 98% mampatan dan masih dalam julat kelonggaran yang dibenarkan oleh spesifikasi Jabatan Kerja Raya.

Dari keputusan ujikaji lalu yang menggunakan sisa kisaran yang sama;

Kandungan bitumen = 6.97%

Kestabilan = 9 kN

Lekukan (flow) = 4.32 mm

Nilai kestabilan masih memenuhi spesifikasi Jabatan Kerja Raya (500 kg) walaupun nilai lekukan lebih 0.32 mm dari nilai yang dibenarkan.

Analisis keseluruhan ke atas berbagai peringkat kandungan bahan pemulihan diberikan dalam jadual 6.13.

Pengiraan bilangan trafik maksima bagi 20 tahun usia sebelum 10 mm perpaluhan terbentuk diberikan oleh persamaan yang diterbitkan oleh Szatkowski dan Jacobs (1977). 10mm diambil sebagai had selenggara bagi kebanyakan negara seperti United Kingdom, berdasarkan kepada keselesaan dan keselamatan pengguna disamping faktor ekonomi (peruntukan).

Bilangan trafik maksima bagi 20 tahun usia sebelum 10mm perpaluhan terbentuk ialah melebihi 3290 kenderaan perdagangan/hari bagi kandungan minyak kelapa sawit kurang dari 0.4% dan kurang dari 0.6% bagi cyclogen.

Jika diambil faktor haus ialah 2 gandar piawai bagi satu kenderaan perdagangan maka jumlah bilangan gandar piawai bagi 20 tahun dianggarkan adalah melebihi 50 juta gandar piawai bagi kandungan minyak kelapa sawit 0.4% sebelum 10mm perpaluhan terbentuk, satu bilangan yang cukup tinggi bagi tujuan merekabentuk turapan lapisan permukaan di Malaysia.

7.2 Kesimpulan Dan Cadangan

Dalam projek ini hanya ujikaji Wheel Tracking sahaja dijalankan untuk mengkaji tatalaku campuran sisa kisaran konkrit berasfalt terhadap ubah bentuk atau perpaluhan. Perlu dinyatakan disini bahawa satu campuran yang baik/pratikal yang hendak dihasilkan perlu memenuhi berbagai ciri-ciri struktur selain dari ketahanan terhadap perpaluhan seperti cukup kekukuhan, anjal, bebas dari rapuh, ketahanan terhadap keretakan dan lain-lain.

Ciri-ciri perpaluhan yang dikaji dalam projek ini merupakan satu aspek penting dalam mereka bentuk turapan jalanraya. Ujikaji *wheel tracking* dijalankan ke atas campuran yang lengkap (seperti campuran yang akan

dihamparkan ke atas jalanraya), maka ia memberikan keputusan terus, ketahanan campuran terhadap perpaluhan.

Hasil analisis menunjukkan minyak kelapa sawit sesuai digunakan sebagai agen pemulihan ke atas bitumen lama dan kandungan yang optimum ialah 0.4% berat keseluruhan atau 5.7% dari kandungan bitumen. Angka ini hanya sesuai bagi sisa kisaran konkrit berasfalt yang digunakan dalam projek ini sahaja. Untuk campuran yang mempunyai komposisi yang berlainan kandungan minyak kelapa sawit yang optimum adalah berbeza dan perlu ditentukan.

Satu lagi kesimpulan yang dapat dibuat ialah penggunaan minyak kelapa sawit yang kurang dari cyclogen sekali gus menjumatkan kos. Jika kajian akan datang dapat menunjukkan kemajuan dalam penggunaan minyak kelapa sawit sebagai agen pemulihan, maka ini merupakan satu lagi penemuan dalam penggunaan minyak kelapa sawit secara komersial.

Daripada keputusan, ujikaji ayakan⁽¹⁸⁾ menunjukkan sisa kisaran telah pecah semasa proses mencabik kerana kerja-kerja mencabik dijalankan tanpa memanaskan permukaan turapan. Proses ini boleh diperbaiki dengan memanaskan permukaan pada suhu antara 130 °C - 170°C supaya melembutkan turapan lama.

Sebelum mengakhiri laporan ini penulis mencadangkan:-

- i) Kajian lebih mendalam keatas prestasi sisa kisaran (bercampur minyak kelapa sawit) bagi turapan ditapak.

- ii) **Kajian lanjut mengenai implikasi kos, menggunakan minyak kelapa sawit sebagai agen pemulihan dalam campuran sisa kisaran berbanding agen-agen pemulihan yang lain.**

RUJUKAN

1. New Straight Times, Malaysia, Sixth Malaysian Plan 1991-1995, July 11, 1991.
2. Nicholas J.H. and Mathews D.H., The Immersion Wheel Tracking Test Correlation with Road Performance, Road Research Laboratory, March, 1954.
3. Lee A.R and Nicholas J. H., Adhesion In The Construction And Maintenance Of Road. Society Of Chemical Industry, 1954.
4. Mathews D.H., Colwill D.M., and Yuce R., Adhesion Test For Bituminous Materials. Road Research Laboratory, Laboratory Note LN 698, 1964.
5. Colwill D.M. and Edler A.C. Immersion Wheel-Tracking Test. Effect Of Binder Viscosity On Failure Time. Road Research Laboratory, Laboratory Note LN 584, 1964.
6. Australian Asphalt Pavement Association, Asphalt Recycling, Information Booklet IB-6.
7. Miller R.K. and Rupnow M.E., Survey On Asphalt Recycling. Survey Report #173, Indiana USA, 1992.
8. Kallas B.F., Flexible Pavement Mixture Design Using Reclaimed Asphalt Concrete. The Asphalt Institute, Research Report No. 84-2.

9. Davidson D.D., Canessa W.E. and Escobar J.J., Recycling of Substandard or Deteriorate Asphalt Pavement - A Guideline to Design Procedure. Association of Asphalt Paving Technologist., Proceedings, Vol. 46, 1977.
10. Guideline Specification For Hot In-Place Recycling. Asphalt Recycling And Reclaiming Association, USA.
11. Herbert F.S and Robert C.D., Flexible Pavement Design Based on Work, Proceedings of Asphalt Paving Technologist, Februari, 1988.
12. The Performance of Rolled Asphalt Road Surfacing. Proceedings of the conference held in London, Oktober 1979. Institution of Civil Engineers, London, 1980.
13. Abdul Rahim Bin Ahmad. Laboratory Investigation on Peformation Characteristics Of Typical Malaysian Bituminous Mixes. Universiti Teknologi Malaysia, 1992.
14. Resistance of Flexible Pavements To Plastic Deformation. OECD Road Research Group, Mei, 1975.
15. Edward C., and Mayhew H.C., Recycled Asphalt Wearing Courses. Transport and Road Research Laboratory. Research Report 225, 1989.

16. **Pettie K.R., Flexible Pavement Design. Development In Highway Pavement Engineering - 1. Applied Science Publishers Ltd. London. 1978**
17. **The Shell Bitumen Handbook. Shell Bitumen U.K., Surrey, 1991.**
18. **Muhammad Zulhazmi Ismail. Penggunaan Bahan Pengukuh dalam sisa kisaran konkrit berasfal. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai. 1993.**